

ADVERTIMENT. La consulta d'aquesta tesi queda condicionada a l'acceptació de les següents condicions d'ús: La difusió d'aquesta tesi per mitjà del servei TDX (www.tesisenxarxa.net) ha estat autoritzada pels titulars dels drets de propietat intel·lectual únicament per a usos privats emmarcats en activitats d'investigació i docència. No s'autoritza la seva reproducció amb finalitats de lucre ni la seva difusió i posada a disposició des d'un lloc aliè al servei TDX. No s'autoritza la presentació del seu contingut en una finestra o marc aliè a TDX (framing). Aquesta reserva de drets afecta tant al resum de presentació de la tesi com als seus continguts. En la utilització o cita de parts de la tesi és obligat indicar el nom de la persona autora.

ADVERTENCIA. La consulta de esta tesis queda condicionada a la aceptación de las siguientes condiciones de uso: La difusión de esta tesis por medio del servicio TDR (www.tesisenred.net) ha sido autorizada por los titulares de los derechos de propiedad intelectual únicamente para usos privados enmarcados en actividades de investigación y docencia. No se autoriza su reproducción con finalidades de lucro ni su difusión y puesta a disposición desde un sitio ajeno al servicio TDR. No se autoriza la presentación de su contenido en una ventana o marco ajeno a TDR (framing). Esta reserva de derechos afecta tanto al resumen de presentación de la tesis como a sus contenidos. En la utilización o cita de partes de la tesis es obligado indicar el nombre de la persona autora.

WARNING. On having consulted this thesis you're accepting the following use conditions: Spreading this thesis by the TDX (www.tesisenxarxa.net) service has been authorized by the titular of the intellectual property rights only for private uses placed in investigation and teaching activities. Reproduction with lucrative aims is not authorized neither its spreading and availability from a site foreign to the TDX service. Introducing its content in a window or frame foreign to the TDX service is not authorized (framing). This rights affect to the presentation summary of the thesis as well as to its contents. In the using or citation of parts of the thesis it's obliged to indicate the name of the author



DEPARTAMENT D'ORGANITZACIÓ D'EMPRESSES

Tesis Doctoral

Metodología de planificación de cadenas de suministro de productos de consumo masivo de alimentos envasados, aplicando los conceptos *lean* y *agile*, en el Perú

Doctorando: Señor Carlos Alberto Hernández Bazo

Director: Doctor Lluís Cuatrecasas Arbós

Co Director: Doctor August Casanovas i Villanueva

Lima, marzo de 2011

*A Maggi, mi esposa, por su paciencia y apoyo durante todos estos
años de desarrollo de esta tesis*

*A mis hijos, Jessica y Daniel, como una muestra de permanente
desarrollo y actualización profesional, y de la importancia de fijarse y
lograr metas*

*A mis colegas de la UPC, Gustavo, César y Liliانا, quienes con sus
consejos y recomendaciones me guiaron en el desarrollo de la tesis*

PRESENTACIÓN

En los últimos quince años, mi vida profesional se ha abocado a los temas relacionados con la gestión de cadenas de suministro y, a partir de un seminario al que asistí en Estados Unidos, diez años atrás, con el concepto *lean manufacturing*.

Posteriormente, hace tres años, conocí, personalmente, a James Womack, autor del libro “*Lean Thinking*” y, desde entonces, mis conocimientos sobre este tema se han incrementado sustancialmente. Hoy, al concluir una investigación sobre la aplicación de este concepto y el concepto *agile*, tengo la oportunidad de compartir estos conocimientos a través de esta tesis doctoral.

RESUMEN

En la presente tesis doctoral, se desarrolla y se valida una metodología de planificación de la red de distribución de cadenas de suministro de la industria de consumo masivo de alimentos envasados, que se ha estructurado tomando como base los conceptos *lean* y *agile*, desarrollados por diferentes autores en los últimos veinte años. Se define, también, las ventajas y limitaciones al aplicar esta metodología y compararla con la metodología de planificación tradicional, a fin determinar si da mayor valor al cliente de este tipo de industria. El tema concluye con la validación de tres hipótesis, que validan la aplicabilidad de la metodología desarrollada y de los conceptos *lean* y *agile* en la industria de alimentos envasados, con ciertas limitantes establecidas en el desarrollo de la investigación.

ABSTRACT

The doctoral thesis, develop and validates a distribution net planning methodology of packaged foods consumer goods supply chain, that has been structured taking as it base the lean and agile concepts, developed by different authors in the last twenty years. Also, it defines the advantages and limitations when applying this methodology and compare it with the traditional planning methodology, to end determine if it gives main value to the client of this type of industry. The thesis concludes with the validation of three hypotheses that validate the applicability of the methodology developed and of the Concepts.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	11
A. Presentación del tema	12
B. Objetivos de la tesis	14
 CAPÍTULO 1	
Diseño de la investigación y metodología	16
1.1 Descripción del marco en el que se desarrolla la investigación	16
1.2 Hipótesis de la investigación	18
1.3 Descripción de la metodología de investigación	19
1.4 Metodología de búsqueda de información	23
 CAPÍTULO 2	
Estado del arte y marco conceptual de cadenas de suministro <i>lean</i> y <i>agile</i>	25
2.1 El concepto <i>lean supply</i>	26
2.2 El concepto <i>agile supply</i>	34
2.3 El concepto <i>leagile supply</i>	44
2.4 Marco conceptual para el desarrollo de la metodología de planificación	58
 CAPÍTULO 3	
Metodología de planificación con conceptos <i>lean</i> y <i>agile</i>	60
3.1 Descripción de la metodología	60
3.2 Fuente de Información y recopilación de datos	73
3.3 Simulación con la metodología <i>lean agile</i>	75
3.4 Simulación con la metodología tradicional	79
 CAPÍTULO 4	
Resultados de la investigación	82

4.1 Evaluación cuantitativa	99
4.2 Evaluación cualitativa	106
4.3 Validación de la investigación aplicando el método Delphi	125
4.4 Evaluación de resultados y contraste de hipótesis	129
CONCLUSIONES	
A. Principales conclusiones	141
B. Propuestas de líneas de investigaciones futuras	143
ANEXOS	145
Anexo 1: <i>Acta de la primera reunión Delphi</i>	145
Anexo 2: <i>Acta de la segunda reunión Delphi</i>	152
Anexo 3: <i>Tablas con simulación de aplicación de la metodología de planificación que utiliza los conceptos lean y agile</i>	160
Anexo 4: <i>Tablas con simulación de aplicación de la metodología de planificación tradicional</i>	161
BIBLIOGRAFÍA	162

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1: <i>Errores de pronósticos en la industria de consumo masivo</i>	17
Cuadro 2: <i>Táctica agile según diferentes autores en los años 90</i>	38
Cuadro 3: <i>Atributos de lean y agile</i>	49
Cuadro 4: <i>Características claves de los conceptos lean y agile</i>	51
Cuadro 5: <i>Listado de importancia de diferentes indicadores lean agile</i>	51
Cuadro 6: <i>Evolución histórica de los conceptos lean y agile según el estado del arte descrito</i>	56
Cuadro 7: <i>Resumen con autores más citados y sus aportes al tema lean y agile</i>	57
Cuadro 8: <i>Frecuencia de planificación</i>	63
Cuadro 9: <i>Ejemplo de agrupación por periodos o ciclos</i>	64
Cuadro 10: <i>Empresas Top en la industria de alimentos envasados del Perú</i>	75
Cuadro 11: <i>Data recopilada de venta diaria histórica de productos de consumo masivo de alimentos envasados</i>	75
Cuadro 12: <i>Simulación de metodología de planificación lean agile</i>	77
Cuadro 13: <i>Simulación de metodología de planificación tradicional</i>	80
Cuadro 14: <i>Resultados comparativos de metodologías de planificación</i>	82
Cuadro 15: <i>Resumen de datos promedios obtenidos de la simulación de planificación de las metodologías lean agile y tradicional basado en plan de ventas</i>	98
Cuadro 16: <i>Variabilidad de la venta diaria</i>	99
Cuadro 17: <i>Datos de correlación de los inventarios promedios</i>	102
Cuadro 18: <i>Datos de correlación de inventarios promedios para diferentes categorías simuladas</i>	103
Cuadro 19: <i>Comparativo estadístico de inventarios promedio</i>	105
Cuadro 20: <i>Comparativo estadístico de días quiebre o falta de inventarios</i>	106

Cuadro 21: <i>Resultados de encuesta de aplicabilidad de la metodología de planificación desarrollada</i>	122
Cuadro 22: <i>Aplicabilidad de la metodología de planificación lean agile en otras industrias de consumo masivo</i>	124
Cuadro 23: <i>Resultado de la encuesta sobre ventajas de aplicar los conceptos lean y agile</i>	124
Cuadro 24: <i>Comparación de resultados que relacionan el inventario promedio y los quiebres o falta de inventario</i>	131

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: <i>Metodología de investigación</i>	20
Figura 2: <i>Plan de trabajo del desarrollo de la tesis</i>	22
Figura 3: <i>Gráfica de autores más referidos que han escrito artículos publicados sobre lean y agile</i>	24
Figura 4: <i>Modelo conceptual de una cadena de suministro agile</i>	42
Figura 5: <i>Correspondencia entre cadena de suministro y productos</i>	46
Figura 6: <i>Correspondencia entre cadena de suministro y productos</i>	47
Figura 7: <i>Indicador de valor total</i>	52
Figura 8: <i>Estrategias de la cadena de suministro</i>	53
Figura 9: <i>Efectos del punto de desacople</i>	54
Figura 10: <i>Ubicación del inventario principal en el punto de desacople de una cadena de suministro de consumo masivo de alimentos envasados</i>	61
Figura 11: <i>Modulación de la red de distribución de una cadena de suministro</i>	62
Figura 12: <i>Módulo de planificación</i>	62
Figura 13: <i>Presentación estadística del valor Z según nivel de servicio deseado</i>	66
Figura 14: <i>Efecto de la producción de lotes pequeños con mayor frecuencia</i>	67
Figura 15: <i>Ejemplo gráfico para determinar la producción fija y variable de un producto</i>	68
Figura 16: <i>Ejemplo gráfico para determinar la producción fija y variable de un producto con mayor variabilidad de ventas</i>	69
Figura 17: <i>Programación de producción Heijunka en línea con siete productos</i>	69
Figura 18: <i>Ejemplo gráfico para determinar los traslados fijos y variables de un producto</i>	72
Figura 19: <i>Ejemplo gráfico de programación Heijunka en transporte</i>	73
Figura 20: <i>Gráfica comparativa de los inventarios promedios</i>	102

Figura 21: *Comparación de las ventajas de la metodología de planificación lean agile con respecto a la metodología tradicional utilizando el indicador de valor total de Johansson (1993)*

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, las empresas buscan satisfacer las necesidades de sus clientes y consumidores ofreciendo una gran diversidad de productos en diferentes presentaciones. Asimismo, los consumidores son más exigentes y selectivos al escoger los productos que consumen. Esta situación está generando una mayor competencia entre las empresas, obligándolas a innovar sus procesos a fin de poder presentar un mejor portafolio de productos disponibles en la cantidad y tiempo que desean los clientes o consumidores.

Estas tendencias del mercado han generado, en los últimos años, la necesidad de innovar en la gestión de las cadenas de suministro de los productos, a fin de volverlas más competitivas, de reducir los costos de la misma y de agilizarla y flexibilizarla para dar un mejor servicio diferenciado a sus clientes. Entre estas innovaciones, se destaca la aplicación de los conceptos *lean manufacturing*, *lean supply*, *agile supply* y el *leagile supply*, que, con la ayuda de la tecnología de información, pueden hacer viable una planificación integral de la cadena de suministro.

La industria de consumo masivo de alimentos envasados no es ajena a estas tendencias y es una de las que más variedades de productos ofrecen al mercado (caracterizados por una demanda muy variable, corta vida y mucha actividad promocional para competir en los puntos de venta).¹ Este escenario genera la necesidad de buscar alternativas de gestión de las cadenas de suministro de consumo masivo de alimentos envasados que permitan a las empresas lograr la flexibilidad y agilidad en los abastecimientos de sus productos, ser más competitivas y dar valor a los clientes en el mercado.

¹ Una señal de esta exigencia es el límite en el número de productos que las grandes cadenas de supermercados imponen a sus proveedores, consiguiendo que permanezcan en ellas solo los productos que realmente tienen aceptación con sus clientes.

Dentro de este marco, la presente tesis doctoral busca contribuir con el desarrollo de una metodología de planificación de cadena de suministro, donde se apliquen los conceptos *lean* y *agile*, que pueda servir como una herramienta que permita hacer más competitivas las cadenas de suministro de empresas que fabrican y comercializan productos de consumo masivo de alimentos envasados y que se enfrentarán a un mercado cada vez más global y competitivo en los próximos años.

Es importante señalar que otra motivación para llevar a cabo esta investigación es evaluar la aplicabilidad de los conceptos *lean* y *agile*, específicamente, en las cadenas de suministro de los negocios de consumo masivo de alimentos envasados. En ese sentido, la mayoría de los artículos publicados y leídos sobre estos temas se centran en aplicaciones en la industria de ensamblaje y son pocos los trabajos desarrollados para este tipo de industrias.²

A. Presentación del tema

Este tema se desarrolla tomando como marco la experiencia particular de la industria de consumo masivo de alimentos envasados en el Perú, que podría reflejar experiencias similares a las de otras industrias u otros países.

En así que, al describir el escenario del Perú, se encuentra una situación económica sólida, que atrae a los inversionistas de otros países y a las grandes compañías transnacionales. Este escenario, también, cuenta con Tratados de Libre Comercio (TLC) firmados con Estados nacionales u organismos supranacionales, como Estados Unidos, la Comunidad Europea y China, lo que le permite participar con mayor fuerza en un comercio global y, a su vez, promueve el ingreso de nuevos competidores en el mercado de consumo masivo.

² Esto de acuerdo con la literatura sobre el tema revisada hasta el momento de presentada la tesis.

Este crecimiento económico ha introducido en los consumidores de los segmentos de las grandes mayorías una serie de cambios en su consumo diario. A nivel básico, el crecimiento ha modificado la canasta familiar, incluyendo en ella productos nuevos, no consumidos anteriormente por este segmento; ha posibilitado la utilización de productos de marca; y, en algunas familias, ha generado la adopción de nuevos insumos para el consumo diario.

En este marco, las compañías de consumo masivo se enfrentarán a demandas y desafíos en un mercado cada vez más competitivo, en el que las relaciones entre proveedores, clientes y consumidores directos serán cada vez más complejas, debido a la alta diversidad de productos y promociones. En ese sentido, los temas de producción y distribución ágil y flexible serán claves para sobrevivir o crecer en una industria mucho más dinámica.

Esta situación obliga a las empresas a innovar en sus cadenas de suministro, a fin de estar preparadas para afrontar la mayor competencia y el mayor consumo del mercado. Estas innovaciones podrían estar enfocadas en lograr una capacidad de la cadena de suministro que les permita ser más ágiles y flexibles para atender a tiempo, y mejor, la diversidad de productos que les exigirán sus clientes, dentro de la variabilidad de la demanda que se presentará por efecto del aumento de las promociones y lanzamientos de nuevos productos al comercio.

Dentro de este escenario, las cadenas de suministro de las empresas que comercializan productos de consumo masivo de alimentos envasados tendrán que evaluar la aplicación filosofías de trabajo diferentes. Dentro de ellas, surgen, como una alternativa, los conceptos *lean* y *agile*, los cuales están siendo difundidos durante los últimos veinte años a través de artículos publicados y conferencias.

En el Perú, y en algunos países de Latinoamérica, existe poco conocimiento de los conceptos *lean* y *agile*; asimismo, la aplicación de los mismos con una visión integral y estratégica de la cadena de suministro, prácticamente, no existe. Es así que la mayoría de

las empresas de consumo masivo siguen trabajando con el método de planificación tradicional de la cadena de suministro, basado en pronósticos de planes de ventas y producciones y despachos de grandes lotes. Consecuentemente, casi ninguna empresa trabaja la planificación basada en ventas reales y pequeños lotes, conceptos base de la filosofías de trabajo *lean* y *agile*.

En este contexto, el aporte de esta tesis representa el desarrollo de una metodología estructurada de planificación de la cadena de suministro para productos de consumo masivo de alimentos envasados, que aplica los conceptos *lean* y *agile*, tema que, hasta donde se tiene conocimiento, ha sido escasamente difundido hasta la fecha y que toma en cuenta la variabilidad de la demanda que presenta cada producto en cada región donde se comercializa o para cada cliente. La metodología desarrollada abarca la planificación de la red de distribución física, partiendo de la planificación de la producción de las líneas de envasado y llega a plantear la programación nivelada de la producción en dichas líneas. Esta metodología es evaluada al compararla con la metodología de planificación tradicional de las cadenas de suministro y, posteriormente, se valida a través de opiniones de expertos en temas relacionados con la planificación de cadenas de suministro de consumo masivo que trabajan en empresas líderes en la fabricación y comercialización de alimentos envasados en el Perú.

B. Objetivo de la tesis

El objetivo central de investigación de esta tesis es el desarrollo y validación de una metodología estructurada de planificación de cadenas de suministro de productos de consumo masivo de alimentos envasados donde se apliquen algunos de los conceptos *lean* y *agile* difundidos en los últimos años.

En este marco, las preguntas centrales por responder son las siguientes:

- ¿Cuáles son las ventajas de aplicar la metodología de planificación desarrollada en las cadenas de suministro de productos de consumo masivo de alimentos

envasados, aplicando los conceptos *lean* y *agile*, con respecto al método de planificación tradicional, basado en pronósticos de planes de ventas y lotes grandes de producción?

- ¿En qué casos la metodología de planificación con conceptos *lean* y *agile* presenta limitaciones de aplicación?
- ¿Se puede generalizar la aplicación de esta metodología en cadenas de suministro de otros productos de consumo masivo?

También, es objetivo de la investigación identificar en qué casos los conceptos *lean* o *agile* son aplicables o no en la industria de consumo masivo de alimentos, con lo cual las preguntas por responder serán las siguientes:

- ¿Son aplicables estos conceptos en negocios con alta variabilidad de demanda, producto de la diversidad de productos y alta competencia?
- ¿Es posible aplicar estos conceptos cuando los tiempos de abastecimientos son largos?
- ¿Cómo influye la estacionalidad de las ventas en la aplicación de estos conceptos?
- ¿El concepto cero inventarios o inventario en un solo punto de la cadena es válido en este tipo de negocio?
- ¿Cuáles son las ventajas y desventajas de aplicar los conceptos *lean* y *agile* en la industria de consumo masivo de alimentos envasados?

Con base en estos cuestionamientos, nacen algunos objetivos específicos necesarios para completar la investigación:

- Evaluar el comportamiento de la demanda de productos de consumo masivo de alimentos envasados, según tipo de producto y región donde se comercializa, dentro del marco de la investigación principal
- Evaluar el valor que recibe el cliente a través de la gestión de la cadena de suministro

CAPÍTULO 1

DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN Y METODOLOGÍA

En este punto, se presentan la premisas tomadas y el marco en que se ha efectuado la investigación de la tesis; asimismo, se presenta el enunciado de las hipótesis de la investigación, la metodología de investigación realizada, la descripción de las fuentes de información y el proceso de recopilación de datos que han servido para desarrollar la metodología de planificación con conceptos *lean* y *agile*.

1.1 Descripción del marco donde se desarrolla la investigación

La investigación se desarrolla dentro del escenario del Perú, muy similar a otros países latinoamericanos, donde las empresas de consumo masivo que producen y distribuyen productos para el mercado de alimentos envasados se caracterizan por afrontar demandas y desafíos en mercados altamente competitivos. En este contexto, las cadenas de suministro operan con grandes portafolios de productos que exhiben diferentes niveles de aceptación según la región donde se comercializan. Estas cadenas de suministros presentan las siguientes características:

- Las ventas reales diarias presentan variabilidad alta a lo largo del mes, debido, principalmente, al amplio portafolio de productos que ofrecen a sus clientes y por las distorsiones generadas por los incentivos de ventas.
- Los puntos de venta se encuentran a diferentes distancias del centro de producción o almacén central de distribución, lo cual genera diferentes *lead times* o tiempos de traslados o abastecimiento de productos hasta la región de venta.
- Los productos presentan diferentes características desde el punto de vista de aceptación del producto y fuerza de marca, es decir, algunos son “jalados” por el

consumidor *pull* y otros requieren acciones comerciales para que el consumidor los compre *push*, siendo algunos de estos últimos considerados *commodities*.

- Existe gran variedad de productos procesados en una misma línea de producción, lo que genera que el tiempo de ciclo de producción se incremente, aumentando el tiempo de abastecimiento, *lead time*, al almacén central.
- El comportamiento de venta de cada producto difiere según el cliente al que se atiende, dependiendo de si el cliente se encuentra integrado, o no, a los sistemas de información de las empresas productoras.

Al igual que en el mundo global, en el Perú, el modelo tradicional de competencia basada en la calidad y en el valor de las marcas ha cambiado; hoy, la calidad ha pasado a ser una condición necesaria para subsistir y el mayor número de marcas y productos hace difícil diferenciarse y crear valor para el cliente. En el caso de la industria de consumo masivo, es necesario innovar para hacer más eficientes y competitivas las cadenas de suministro, enfrentar la globalización de la economía y reducir costos.

A todo lo anteriormente descrito, se suma que los desarrollos de métodos de pronósticos estadísticos no han podido, a la fecha, mejorar la exactitud del pronóstico, por tanto, en las cadenas de suministro, se generan excesos o déficit de inventarios que afectan el nivel de servicio y los costos de los productos. En el Cuadro 1, se muestran los errores de pronósticos según un estudio de Benchmarking aplicado a empresas de consumo masivo de los Estados Unidos.

Cuadro 1: Errores de pronósticos en la industria de consumo masivo

Productos de consumo masivo								
Nivel	Un mes vista		Dos meses vista		Un trimestre		Un año	
	N° de Resp.	% de Error	N° de Resp.	% de Error	N° de Resp.	% de Error	N° de Resp.	% de Error
Skú's	35	27	20	29	11	33	4	48
Categoría	23	20	14	22	7	23	4	19
Agregado	21	15	10	15	6	14	3	8

Fuente: Chaman 2006

En el mercado de consumo masivo peruano, la participación de ventas por el canal de los supermercados no supera el 14 %, pese a haber tenido un crecimiento muy fuerte en los últimos cinco años. Dentro de este escenario, las principales empresas que comercializan productos de consumo masivo de alimentos envasados en el Perú están evaluando aplicar filosofías de trabajo *lean agile* que les permitan tener esa agilidad y rapidez que les exigirá la competencia en el mercado. Esta decisión aún no se toma, debido al poco conocimiento que se tiene de los conceptos *lean* y *agile*, y de su aplicación con una visión integral y estratégica dentro de la cadena de suministro.

1.2 Hipótesis de la investigación

Definidos los objetivos del tema de investigación y el marco donde esta se realiza, surgen las siguientes hipótesis, que se contrastan en el estudio de investigación realizado:

- **Hipótesis 1:** La metodología de planificación de la cadena de suministro de alimentos envasados, que aplica los conceptos *lean* y *agile*, genera menores inventarios que la metodología tradicional de planificación, basada en los pronósticos de planes de ventas y en grandes volúmenes de producción y traslados de productos.
- **Hipótesis 2:** Los conceptos *lean* y *agile* presentan limitaciones de aplicación en ciertas industrias y productos de consumo masivo de alimentos envasados.
- **Hipótesis 3:** La metodología de planificación de la cadena de suministro de alimentos envasados que aplica los conceptos *lean* y *agile* es aplicable a la industria de consumo masivo de alimentos envasados y ofrece mayor valor al cliente que la metodología tradicional de planificación, basada en los pronósticos de planes de ventas y en grandes volúmenes de producción y traslados de productos.

1.3 Descripción de la metodología de investigación

Para el desarrollo de la tesis, se ha realizado una investigación de tipo exploratoria, dado que el tema ha sido poco estudiado y los conceptos *lean* y *agile* tienen pocos años de difusión. De igual modo, esta investigación presenta elementos que la revisten de un carácter descriptivo, porque mide conceptos y define variables para comparar la metodología de planificación desarrollada con la metodología de planificación tradicional.

El diseño de la investigación es del tipo mixto explicativo secuencial, DEXPRIS, según Hernández (2010). Este diseño contempla una primera etapa en la cual se recaba y analiza datos cuantitativos, seguida de una segunda etapa, donde se recoge y evalúa datos cualitativos. Los resultados cuantitativos iniciales han sido la base de la información para recolectar los datos cualitativos de la investigación; posteriormente, ambos resultados se integran en el análisis de validación de las hipótesis.

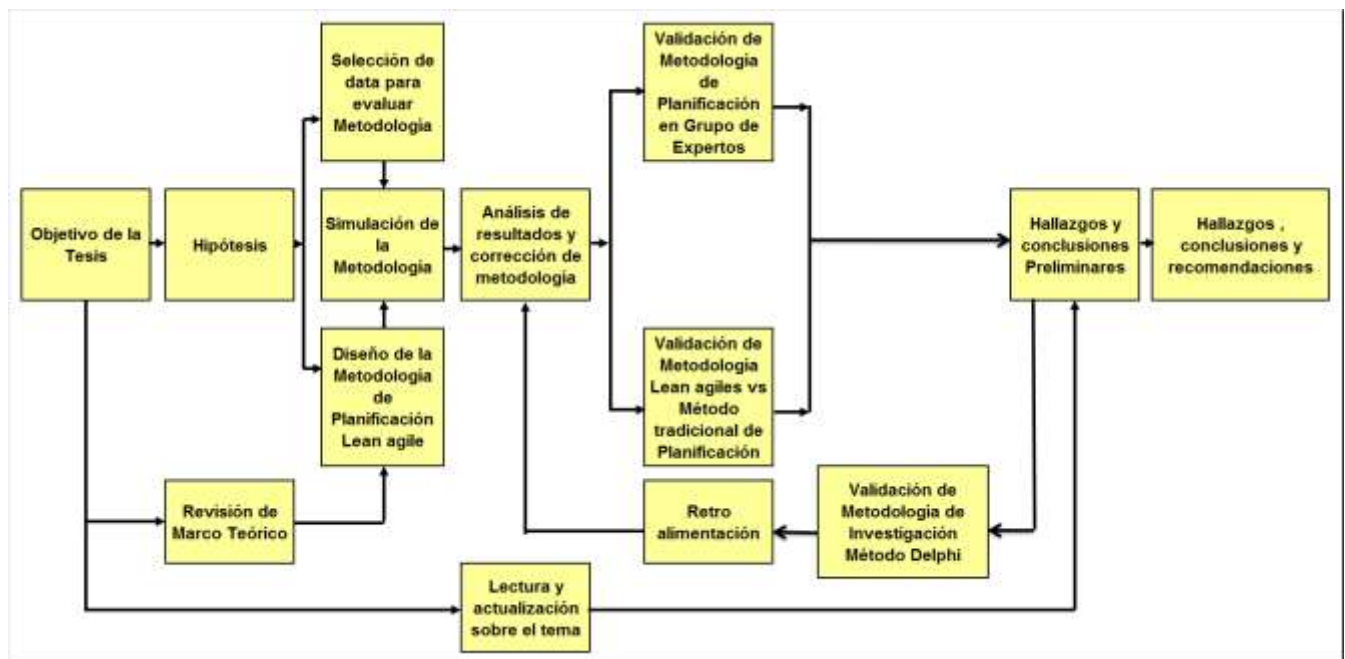
La etapa de investigación cuantitativa es del tipo experimental de laboratorio, que utiliza datos históricos reales para simular y evaluar variables independientes y dependientes. Los datos para la investigación cualitativa corresponden a seis negocios o categorías de productos de consumo masivo de alimentos envasados, seleccionados en forma aleatoria no probabilística, de los cuales se tiene registro de ventas históricas diarias de 156 productos, comercializados en el Perú, tanto a nivel nacional como en cuatro regiones diferentes.

En la etapa de investigación cualitativa, se tomó una muestra no probabilística, que no busca generalizar los resultados, sino, más bien, el entendimiento del fenómeno. La muestra tomada está orientada a la investigación cualitativa y se ha tomado el caso de seis empresas ubicadas en la lista de las treinta empresas de alimentos envasados más grandes en ventas en el Perú; dichas empresas ocupan los primeros lugares en participación de mercado en las categorías correspondientes. Dentro de estos casos, se buscó una muestra homogénea por conveniencia (Hernández 2010), de treinta y tres profesionales con experiencia en la gestión de cadena de suministro, quienes, a nivel de expertos, conocen del tema en la industria de consumo masivo.

Para la recolección de datos cualitativos, se ha utilizado el método de entrevistas semiestructuradas, basadas en una guía de preguntas que combina las de tipo abiertas y cerradas, en las que el entrevistado podía introducir otras preguntas, a fin de aclarar los conceptos; y del tipo individual o grupal, según las facilidades obtenidas en cada caso. Finalmente, se hizo una validación de las hipótesis planteadas con los resultados obtenidos en ambas etapas.

El proceso completo de investigación seguido para realizar el estudio es el que se muestra en la Figura 1 y se describe a continuación:

Figura 1: Metodología de investigación



Fuente: elaboración propia

Fase 1: se definió los objetivos de la tesis y de las hipótesis de la investigación relacionadas con esta.

Fase 2: se realizó una investigación bibliográfica que utilizó la herramienta *Sitkis* y el acceso al buscador de la *web isiknowledge* para las palabras claves *lean supply*, *agile supply*, *leagile supply*, las cuales permiten establecer el estado del arte de las aplicaciones de los conceptos *lean* y *agile* en los últimos años. Con los resultados obtenidos, se seleccionan los artículos y autores más citados (con ayuda del *software NetDraw*), los que permiten realizar una investigación bibliográfica selectiva, la que ayuda a tomar los conceptos *lean* y *agile* que se adaptaban mejor al desarrollo de la metodología de planificación de la cadena de suministro.

Fase 3: se elaboró la metodología de planificación de la cadena de suministro, aplicando los conceptos *lean* y *agile*, estructurándola con el marco conceptual seleccionado de la bibliografía explorada. En paralelo, se obtuvo la data histórica con información de ventas diarias de productos de consumo masivo de alimentos envasados, pertenecientes a seis negocios de productos. Esta información se utilizó para ejecutar la investigación exploratoria de laboratorio, con simulaciones de la planificación *lean* y *agile*, y para realizar ajustes a la metodología desarrollada.

Fase 4: se simuló, con la misma data de ventas, la planificación tradicional de la cadena de suministro, basada en pronósticos de ventas que utiliza grandes lotes de producción y distribución semanal. Con los dos resultados, se definieron las variables independientes y dependientes, a fin de realizar la evaluación previa cuantitativa, comparando los resultados obtenidos con cada una de las metodologías. En paralelo, se elaboró la estructura de las entrevistas y encuestas a expertos seleccionados, con experiencia en planificación de cadenas de suministro de consumo masivo. Posteriormente, se llevaron a cabo reuniones con ellos para explicar los conceptos *lean* y *agile*, la evolución de los mismos a lo largo de los años, la metodología de planificación *lean* y *agile* desarrollada, y los resultados obtenidos con data real simulada, aplicando la metodología de planificación *lean* y *agile* versus la metodología de planificación tradicional. Estas reuniones concluyeron con entrevistas y llenado de encuestas.

Fase 5: con toda la información, se realizó la evaluación cualitativa de la metodología de planificación de la cadena de suministro, que utiliza los conceptos *lean* y *agile*, y se definieron los hallazgos y recomendaciones planteados con los grupos de expertos.

Fase 6: para centrar el proceso seguido en el desarrollo de la investigación, en paralelo, se aplicó el método Delphi. Para esto, se convocó a un grupo de doctores en la materia, a quienes se les explicó la metodología de investigación y los resultados obtenidos, a fin de establecer un juicio de opinión colectivo sobre el proceso de investigación y sus resultados.

Fase 7: finalmente, a partir de los resultados obtenidos, se evaluaron las hipótesis para establecer las conclusiones de la tesis y plantear futuras líneas de investigación sobre el tema desarrollado.

En suma, para desarrollar esta metodología de investigación, se estableció el plan de trabajo que se muestra a continuación:

Figura 2: Plan de trabajo del desarrollo de la tesis

Actividades	2009	2010				2011			
	4to Trim.	1er.Trim.	2do.Trim.	3er.Trim.	4to.Trim.	1er.Trim.	2do.Trim.		
Definición de hipótesis y objetivos									
Actualización de la información y definición del estado del arte									
Recopilación de data real de ventas									
Elaboración de la Metodología de planificación lean agile									
Simulación de la metodología con data real									
Corrección y aplicación a otros Skus de otros negocios									
Simulación de la planificación tradicional con la misma data									
Evaluación Previa Cuantitativa : Lean Agile Versus Tradicional									
Elaboración de cuestionarios para entrevistas o encuestas a Expertos									
Reuniones con grupos de Expertos a fin validar la metodología y conceptos									
Evaluaciones cuantitativas y cualitativas									
Validación de metodología de investigación con método Delphi									
Validación de hipótesis e identificación de hallazgos y conclusiones									
Redacción de la tesis									
Defensa de la tesis									

Fuente: elaboración propia

1.4 Metodología de búsqueda de información

Para realizar los trabajos de investigación del estado del arte, se realizó una búsqueda de información en la fuente *Web of Knowledge*, utilizando para ello la base de datos de la biblioteca de la Universidad Politécnica de Catalunya. Para dicha búsqueda, se utilizaron las siguientes palabras claves (con las cuales se logró el máximo de información relacionada con los conceptos y filosofía *lean* y *agile*):

- *lean supply*
- *agile supply*
- *leagile supply*

Dentro de esta búsqueda, se identificaron alrededor de doscientos artículos publicados en revistas que tocaban estos temas. De ellos, se seleccionaron sesenta, basando esta selección en el valor de autoridad de los textos y en el valor del contenido en relación con los conceptos *lean* y *agile*. Luego, empleando la herramienta *Stkis*, se ordenó los artículos por autores, sobre la base del número de citas referidas de cada uno. Más adelante, con la ayuda del *software Netdraw*, se elaboró la gráfica de referencias que se incluye al final de este punto.

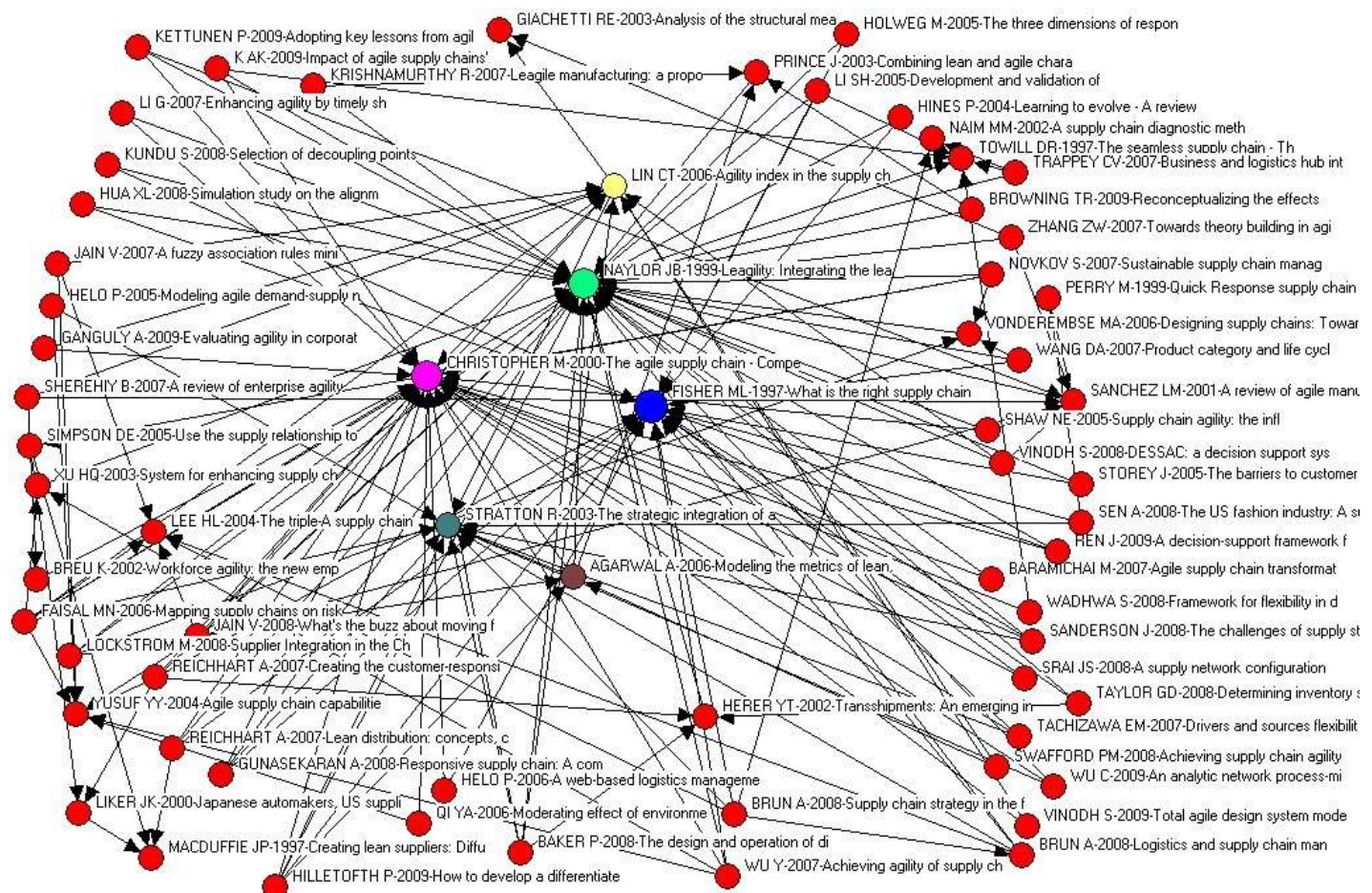
Para elaborar el estado del arte y el marco conceptual sobre el que se basó esta investigación, se consultó alrededor de sesenta artículos, partiendo de los más citados. En este sentido, la mayoría de ellos hace referencia a autores que dieron origen a los conceptos *lean* y *agile*: Womack (1990 y 1996), para el tema *lean*, y Goldman (1994), para el caso de *agile*.

De la información recopilada, se destaca que la mayor cantidad de publicaciones sobre estos temas aparece durante los últimos diez años, periodo en el cual estos conceptos se están investigando en mayor medida para lograr una mayor competitividad de las empresas en un mundo global.

En suma, a partir de la gráfica elaborada como resultado de la investigación de artículos publicados, se concluye que los autores más referidos en los temas *lean*, *agile* y *leagile* son los siguientes:

- Fisher 1997
- Naylor, Naim, Berry 1999
- Christopher 2000
- Stratton 2003
- Lee 2004
- Lin 2006

Figura 3: Gráfica de autores más referidos que han escrito artículos publicados sobre lean y agile



Fuente: elaboración propia utilizando el software *Sitkis* y *Netdraw*

CAPÍTULO 2

ESTADO DEL ARTE Y MARCO CONCEPTUAL DE CADENAS DE SUMINISTRO *LEAN*

Y AGILE

En los últimos veinte años, se han publicado numerosos artículos en los que diversos autores exponen los conceptos *lean manufacturing*, *lean supply*, *agile supply* y *leagile supply*, y los relacionan con la técnica del Justo A Tiempo (*Just in Time*, JIT), innovación de la empresa japonesa Toyota en los años cincuenta y adoptada, en primer lugar, por las empresas occidentales a partir de principios de los ochenta. Esta técnica fue trabajada por Taiichi Ohno (1988) como un método para facilitar un flujo en la cadena de suministro. Con este, se estableció una lista de desperdicios (*Muda*, en japonés) en los procesos productivos, siendo estos los siguientes:

- Defectos en los productos
- Sobreproducción de bienes no necesarios
- Existencias de productos esperando procesamiento o consumo adicional
- Procesamiento innecesario
- Movimientos de personal no necesarios
- Transporte de productos innecesario
- Tiempos de espera de los empleados.

Luego es Womack quien (en 1990, primero, y 1996, después), en su primer libro (*The machine that change the World*), describe el sistema de producción Toyota, al que llama “Sistema Toyota de producción esbelta”, es decir, *lean*. En el libro, el autor compara las ventajas de producir bajo un sistema *lean* versus la producción de grandes lotes y describe formas de pensar cómo el trabajo humano puede crear valor en la línea de producción. En su segundo libro (*Lean thinking*), desarrolla el concepto de “Empresa *lean*”: un grupo de

empresas individuales que opera legalmente separado, pero que trabaja como una sola compañía sincronizada. El foco de la gestión *lean*, según Womack, es eliminar los desperdicios y permitir un programa de producción nivelado.

Por su parte, Goldman, en 1994, publica *Agile competitors and virtual organizations: Strategies for enriching*, en donde presenta el concepto *agile*, sustentado en la idea de que el proceso de producción debe ser capaz de responder rápidamente a los cambios de información del mercado. Es decir, debe aprovechar los conocimientos del mercado y de una corporación virtual para explotar oportunidades de rentabilidad en los mercados volátiles.

Con esta información, se presenta el estado del arte de los conceptos *lean* y *agile*, y el marco conceptual tomado para desarrollar la metodología de planificación basada en los conceptos *lean* y *agile*.

2.1 El concepto *lean supply*

La gestión de la cadena de suministro es una teoría sustentada en el campo de la logística, introducida por Houlihan, en 1984. Su desarrollo fue inicialmente relacionado con la distribución física y transporte, usando la técnica de la dinámica industrial, derivada del trabajo de Forrester (1961). Por su parte, Christopher (1992) definió que “la gestión de la cadena de suministro cubre el flujo de productos desde el proveedor, a través de la producción y cadena de distribución hasta el consumidor final”. Eloranta, Lehtonen, y Tankanen (1995) indican que se puede estimar que las cadenas de suministro basadas en la reposición a los clientes pueden mejorar la rentabilidad drásticamente. Esta potencial mejora se basa en la reducción de los costos de financiación de inventarios, la reducción de los costos laborales directos e indirectos, y el incremento de las ventas y los márgenes de ventas, a través de una mejor eficiencia de entrega, a un nivel operativo, y una reducción del tiempo de abastecimiento al mercado, en los niveles tácticos y estratégicos.

Por otro lado, Bullinger, Kuhner y Van Hoof (2002) señalan que, a lo largo de la década de los noventa, las empresas ya tomaban conciencia de los beneficios potenciales que se derivan de la optimización de procesos logísticos, que abarcan toda la cadena de suministro dentro de la empresa, consecuencia de la globalización y concentración en empresas de la competencia para aumentar sus ventajas competitivas.

Es así que, en los noventa, ocurre un cambio en la racionalización de la cadena de suministro, con la aparición de los conceptos de producción *lean* identificados por Womack, Jones y Roos (1990). En este caso, el término *lean* fue usado para describir el sistema JIT, al que se compara con el método de producción tradicional basado en economía de escala. La producción *lean* se presenta con tiempos de abastecimientos (*lead times*) más cortos, se basa en una organización de trabajo en equipo (que tiene responsabilidad en la calidad) y en proveedores que realizan abastecimientos JIT. Para lograr esto, la iniciativa *lean* adopta los conceptos básicos del JIT y de la programación nivelada (*Heijunka*)³ y los lleva hasta su conclusión lógica, haciendo que los productos fluyan continuamente, siempre que ello sea posible.

La manufactura *lean* se basa, también, en el sistema de producción Toyota (Toyota production system, TPS), que se focaliza en la reducción y eliminación de desperdicios dentro de un ambiente de fábrica (Ohno 1988). Posteriormente, Karlsson y Ahlstrom (1997) desarrollaron trabajos sobre la aplicación de las nociones de la empresa *lean* para pequeños negocios.

Años después, distintos autores han propuesto diferentes conceptos alrededor de la filosofía *lean*. Es así que Abernathy (2000) propuso un modelo para una gestión *lean* de la cadena de suministro de una industria textil y de ropa. El autor argumenta que el detallista *lean* requiere rápidos reabastecimientos de productos y embarques que se ajusten,

³ Término japonés que significa “programación nivelada” y que consiste en secuenciar los pedidos según una pauta repetitiva y en suavizar las variaciones generadas por las ventas para adaptarse a la demanda a largo plazo (Womack, Daniel y Jones 1996).

estrictamente, a sus requerimientos en términos de tiempos de despacho, órdenes completas y exactas.⁴

En opinión de Towill (1994), uno de los objetivos en un diseño de la cadena de suministro es lograr un sistema *lean*. Para el autor, el término “nivel de inventarios” significa la minimización del inventario, de forma tal que sea consistente con la meta del nivel del servicio para la satisfacción del cliente. Con la reducción del inventario total del sistema, fuera de los ahorros que se puedan lograr, se reducirán las posibilidades de generar productos o materiales obsoletos a lo largo de la cadena de suministro. En ese sentido, agrega que, para obtener un suministro *lean*, es necesario un cambio de tal magnitud en la organización que preste atención a tres elementos interactivos: el tecnológico, el organizacional y el factor de actitud.

De otro modo, Warnecke y Huser (1995) definen el término producción *lean* como un sistema de medidas y métodos que, cuando se toman todos juntos, tiene el potencial de generar un estado particularmente competitivo, no solo en la división de manufactura, sino a través de toda la empresa. Identifican cuatro aspectos individuales para esto: el desarrollo de productos, la cadena de suministro, la gestión en la planta y el servicio post venta. Señalan que esto, también, puede definirse como “gestión *lean*” o “industria *lean*”.

Por su lado, Lamming (1996), define que, en el suministro *lean*, el flujo completo, desde la materia prima hasta el consumidor, es considerado como un conjunto integrado y que, para hacer realidad el suministro *lean*, los clientes deben compartir la información de procesos con los proveedores, incluyendo datos de costos, y aceptar ideas que vienen de aguas arriba de la cadena de suministro, es decir, de los proveedores. No obstante lo anterior, Levy (1997) describe que, en situaciones donde los clientes están geográficamente dispersos, los conceptos *lean* son difíciles de aplicar, dado que el rápido flujo de productos e informaciones es costoso y difícil de obtener, pues los tiempos de abastecimientos o *lead times* son largos; por tanto, se requiere de altos inventarios para atender las necesidades de los clientes.

⁴ Cfr. Bruce, Daly y Tower 2004

En otro momento, Towill (1997) sostiene que, para una empresa, ya no es suficiente operar en forma aislada, en el objeto de su negocio, y que, para sobrevivir y no quedarse sola, debe ser parte de una o más cadenas de suministros que tengan, como principal característica, una producción de clase mundial. Dentro de este contexto, cada empresa debe ser internamente *lean*. Señala, también, que estas empresas deben operar en un entorno sin fisuras, donde toda la información relevante pueda estar disponible en el tiempo y sin distorsiones, de modo que se obtenga una operación eficiente dentro de su sistema. Adicionalmente, en opinión del mismo autor, deben de ser depredadoras, buscando ganar ventajas competitivas en su cadena de suministro; en ese sentido, *lean* es una alternativa para esto. Sin embargo, Lowe, Delbridge y Oliver (1997) concluyen que los resultados no refuerzan la idea que la organización del trabajo y las políticas de recursos humanos asociadas con los conceptos del modelo de producción *lean* representan una mejor forma para lograr una alta eficiencia de manufactura.

De otro lado, MacDuffie, y Helper (1997) definen que la operación de una empresa de producción *lean* implica la reducción de inventarios pulmón mediante un sistema de inventario basado en JIT. Bajo este modelo, solo se produce lo que el cliente necesita, delegando a la planta las responsabilidades de inspección de la calidad y la especificación de tareas de trabajo que apoyen la motivación de los trabajadores, organizados en equipos polivalentes. Estos autores presentan, también, el concepto de proveedores *lean*: aquellos que aseguran los abastecimientos a sus clientes y están alineados al trabajo *lean* de las plantas. Consecuentemente, se resalta la importancia de una buena relación con estos proveedores, puesto que cambiar a uno de ellos puede resultar en importantes costos económicos, políticos y de reputación.

Por otro lado, Zapfel (1998) señala que el concepto producción *lean* proporciona una visión sistémica de la cadena de suministro, lo que supone una mejora continua, ya que permite involucrar a la mano de obra en el rediseño de procesos y productos, convierte la relación con los proveedores en un trabajo de socios y posibilita el diseño o rediseño de la cadena de suministro, de tal manera que los pedidos de los clientes vayan directamente a la

producción en formas económicamente viables. De manera más específica, para Naylor, Naim y Berry (1999) *lean* significa desarrollar una cadena de valor que elimine todo desperdicio (incluyendo tiempos) y asegure una programación nivelada de la cadena de suministro.

Bowersox, Stank y Daugherty (1999) definen el concepto “Estrategia de lanzamiento *lean*”, basado en los principios de posponer y respuesta logística (basada en que el cliente “jala” en la cadena de suministro los productos que desea). Esta estrategia considera que en el lanzamiento al mercado de productos nuevos es difícil hacer un pronóstico y, por lo tanto, se puede tener excesos de inventario o quiebres de inventarios (falta de inventario). Con base en esto, definen la estrategia de lanzamiento *lean*: disponer de un inventario limitado de un producto nuevo, durante el tiempo de introducción del mismo al mercado, soportado por un sistema logístico capaz de responder, rápidamente, a las primeras ventas exitosas. Esto requiere una coordinación muy estrecha entre todos los miembros de la cadena, incluidos proveedores y clientes, a fin de cortar a tiempo los suministros, si la demanda cae, o acelerarlos, si la demanda se incrementa.

No obstante, Alford, Sackett y Nelder (2000) sostienen que la personalización de productos en la industria automotriz ha generado tal variedad que el cliente puede encontrar en el mercado lo que quiera. Consecuentemente, esta tendencia generó que subieran los costos y la complejidad de producción y, por tanto, no quedaba claro cómo un sistema de producción *lean* podría responder a este desafío, ya que este se aplica mejor donde existe baja variedad de productos.

Por ello, Liker (2000) resalta que, cuando el análisis de la cadena de valor pasa desde el cliente al consumidor, localizados a distancias geográficas importantes, habrá desperdicios que, simplemente, no darán valor añadido a los procesos. De este modo, el éxito del *lean manufacturing* radica en mantener bajos los niveles de inventarios, dando, a su vez, un buen servicio a los clientes. En ese sentido, producir lotes pequeños acarrea pequeños inventarios (y sus costos asociados); por lo tanto, esto permiten reaccionar velozmente a los cambios de demanda de los clientes. Adicionalmente, el autor aborda el tema del

transporte *lean* destacando la importancia de mantener relaciones estrechas con las compañías de transportes, de modo que se pueda garantizar la eficiencia en las operaciones de traslados y despachos a clientes, dado que el traslado tradicional de punto a punto con camión lleno funciona solo si se tiene suficiente volumen para transportar, pues, en caso contrario, se debe utilizar un sistema de reparto.

Adicionalmente, Naim y otros (2002) inciden en la importancia de gestionar las cadenas de suministro con ayuda de sistemas de computación, sobre todo en los sistemas de producción *lean* donde es importante la comunicación con los proveedores a fin integrarse con estos y poder dar valor al suministro.

Por otro lado, Christopher (2000) señala que *lean* es hacer más con menos y que implica tender a inventario cero, buscando el JIT. El concepto *lean*, agrega, presenta problemas cuando se quiere aplicar a situaciones donde la demanda es poco predecible, los requerimientos por variedades son altos y, por consiguiente, los volúmenes de cada presentación (Sku)⁵ son bajos.

Por su parte, Caridi y Sianesi (2000) señalan que una de las claves de éxito de la producción *lean* es la producción nivelada, pues, al nivelar la carga de las líneas de producción, la producción nivelada permite un flujo regular de materiales, tiempos más cortos de fabricación y menores trabajos en proceso.

Desde esta misma perspectiva, Mason-Jones, Naylor y Towill (2000b) indican que muchas empresas han adoptado los conceptos del pensamiento *lean* a fin de mejorar la eficiencia de sus procesos de negocio. Esto puede considerarse como una primera etapa de mejora para luego utilizar el concepto *agile*, dado que el *lean* “puro” tiene limitaciones para absorber la variabilidad de la demanda de los productos.

Por otro lado, Stratton (2003) señala que para trabajar de manera óptima con un sistema *lean* es necesario estabilizar el flujo de abastecimiento, lo cual implica desacoplar el efecto

⁵ Stock keeping unit

de la variación de demanda y que *lean* trabaja bien cuando se puede lograr nivelar los programas de producción. También señala que, a través de la reducción de los tiempos de cambio de formato, la aplicación del control estadístico de procesos, desarrollo de proveedores, mantenimiento productivo total, etc., se puede reducir progresivamente las fuentes internas de variación de flujo en la cadena de suministro y, por tanto, reducir las necesidades de inventarios a lo largo de esta.

Hines, Holwe y Rich (2004) señalan que, hasta los años noventa, la principal debilidad del *lean manufacturing* fue que estuvo basado en aplicaciones de la industria automotriz, lo que impedía pensar en formas de manejar la variabilidad de la demanda fuera de este rubro, ya que la presencia de esta generaba una presión adicional en los trabajadores de las plantas de producción. Este efecto de la variabilidad de la demanda y la necesidad de mayor capacidad de reacción fue la causa de que muchas empresas y negocios no adoptaran los conceptos *lean* “puro”.

Zhu y Sarkis (2004) evalúan el impacto de las cadenas de suministro sobre el medio ambiente en la industria china. En esta, concluyen que los principios *lean* o JIT pueden requerir de mayores recursos ambientales, para gestionar suministros rápidos y bajos inventarios, que los beneficios que puede dar la filosofía *lean*, reflejados en la reducción y eliminación de desperdicios.

Por su parte, Lehtinen y Torkko (2005) establecieron que el concepto *lean* es apropiado para las cadenas de suministro de alimentos de carnes. Los autores presentaron la estructura de la cadena de demanda de alimentos para diferentes clientes y, con la implantación del concepto *lean*, las compañías de alimentos pueden incrementar el valor al cliente, a través de la reducción de costos y de un nivel de servicio adicional.

Simpson y Power (2005) destacan que, en los últimos años, algunos de los investigadores han establecido vínculos entre la aparición de prácticas que apoyan la prevención de la contaminación y las empresas que han adoptado estrategias de manufactura *lean*. En su trabajo, atribuyen el beneficio mutuo entre la producción *lean* y las prácticas de gestión

ambiental, y el concepto de cero desperdicios y las filosofías de mejora continua del concepto *lean*.

Adicionalmente, Cagliano, Caniato y Spina (2006) evidencian la relación empírica existente entre las dos dimensiones de integración de una cadena de suministro (el flujo de información y el flujo físico de materiales) y los dos programas de mejoras en la manufactura (la producción *lean* y la planificación de recursos de la empresa). Concluyen que la relación entre la dimensión de integración de la cadena de suministro y el programa de producción *lean* podría ser válida en un amplio rango de contextos, independientemente de contingencias específicas o variables estructurales.

Vonderembse y otros (2006) señalan que una cadena de suministro *lean* emplea continuos esfuerzos de mejora centrados en eliminar los desperdicios o pasos a lo largo de la cadena que no dan valor y que está soportada por esfuerzos para lograr eficiencias internas en la manufactura y reducción de los tiempos de cambio de formatos, lo que genera, a su vez, la producción económica de pequeños lotes, reducción de costos, rentabilidad y manufactura flexible hasta cierto grado.

Kainuma y Tawara (2006) destacan que existen muchas métricas para evaluar el desempeño de las cadenas de suministro. Sin embargo, estas pueden resumirse en plazo de entrega, servicio al cliente, costo y calidad. De este modo, el desempeño de una cadena de suministro se puede evaluar no solo desde el punto de vista empresarial, sino, también, desde el punto de vista de rendimiento medioambiental. Asimismo, se puede evaluar la cadena de suministro con indicadores de inventarios promedio, satisfacción del cliente y quiebres de inventario (falta de inventario para completar un pedido).

Para Cuatrecasas (2007), la gestión *lean* permite obtener productos y servicios por medio de procesos gestionados, de manera que el producto fluya de forma constante y regular. Por tanto, ello implica que

- Los procesos estén integrados por actividades que confieren valor al producto (eliminando las que no lo hacen, es decir, los despilfarros) y, por tanto, a bajo coste, sin necesidad de recurrir a las economías de escala.
- El producto se produzca y mueva en pequeños lotes y, por ello, con rapidez en la respuesta, además de nuevas reducciones de coste.
- No exista apenas necesidad de inventarios, ni de materiales ni de producto en curso, ni acabado.
- La calidad esté garantizada “al primer intento” en cada etapa de los procesos, sin necesidad de controles adicionales.
- Además, para que la competitividad sea completa, un sistema *lean* debe estar dotado de la flexibilidad necesaria para adaptarse a la demanda en todo momento.

Finalmente, es necesario definir que, cuando se trata de programación de producción nivelada, se refiere, necesariamente, al concepto *Heijunka*, que es definido por Huttmeir y otros (2009) como la práctica que protege al fabricante de la variabilidad de producción, en la cual la producción es programada de forma tal que la línea produce la misma secuencia de productos durante un determinado período de tiempo, con lo que afronta la mayor y menor demanda. Lo asumido en *Heijunka* es que el productor tiene la opción de determinar la cantidad de variabilidad en la secuencia del trabajo que llegará a aceptar. Es decir, en lugar de aceptar todos los trabajos que llegan en el orden recibido, el productor puede elegir el orden para atenderlos, de forma que se asegure que la secuencia de la producción a la que se llegue sea relativamente suave. Dado el mercado global actual, donde la variedad de productos será una práctica normal, *Heijunka* surge como una alternativa viable para la programación de la producción nivelada. El objetivo del *Heijunka* es eliminar los picos y los valles en la programación de la producción nivelada dentro de los tiempos ciclos de producción, que son constantes.

2.2 El concepto agile supply

Una modificación a los conceptos *lean* aparece en la misma década de los noventa. Este es el concepto *agile*, que, para Goldman (1994), significa que el proceso de producción

debe ser capaz de responder, rápidamente, a los cambios de información del mercado. Esto es reforzado por Prasad y Babbar (2000), quienes señalan que la pobre infraestructura, la volatilidad de los tipos de cambio y los mercados subdesarrollados contribuyen a aumentar los niveles de variabilidad en los países en desarrollo. De este modo, estas fluctuaciones, posiblemente, están en desacuerdo con la filosofía JIT, que aboga por la reducción de la variabilidad de la demanda y el no tener inventario de seguridad, lo cual refuerza la aplicación de los conceptos *agile*.

Gunasekaran (1998) definió la manufactura *agile* a lo largo de cuatro dimensiones: estrategia de precios basada en valor que enriquece al cliente, cooperación que da competitividad, organización del cambio y la incertidumbre, e inversión que nivele el impacto en información y personas. Es así que *agile* tiene cuatro principios: valor de abastecimiento a clientes, estar listo para el cambio, valorar el conocimiento de las personas y valorar las habilidades de las mismas. Además, *agile*, agrega el autor, requiere de una capacidad de adaptación que permita responder a futuros cambios del mercado. Señala que el concepto producción *agile* surge como una necesidad de desarrollar productos en forma rápida y a bajo costo, instalaciones de producción y *softwares* de soporte, que incluyan diseño y planificación de procesos y sistemas de control en plantas de producción. Agrega, también, que la manufactura *agile* no es solo ser flexible y responder rápido a la demanda, sino, también, requiere de una capacidad de adaptación de la empresa para ser capaz de responder a cambios futuros.

Por su parte, Christopher (2000) define que la característica clave de una organización *agile* es la flexibilidad, lograda desde su estructura organizacional, sistemas de información y procesos logísticos. Además, señala que, para tener una verdadera cadena de suministro *agile*, esta debe poseer una sensibilidad al mercado, es decir, que la cadena de suministro sea capaz de leer y responder a una demanda real. Ello se consigue con el uso de tecnologías de la información y la integración de clientes y proveedores. Al final, el autor propone una estrategia híbrida que convine los conceptos *lean* y *agile*. En la misma línea, Naylor, Naim y Berry (1999) definen *agile* como el empleo del conocimiento del

mercado y una corporación virtual para explotar rentablemente las oportunidades que se presentan en un mercado volátil.

Por otro lado, Mason-Jones, Naylor y Towill (2000a) sostienen que *agile* se adopta en una cadena de suministro cuando la demanda es volátil, a diferencia de *lean*, que se aplica más a demandas estables. En su artículo, señalan que la aplicación de cada concepto deberá considerar el efecto del mercado sobre la selección de la estrategia que asegure una eficiencia óptima de la cadena de suministro.

Schonsleben (2000) define las empresas *lean* como aquellas que aplican los principios de producción *lean* en todas las áreas dentro de la organización. Afirma que, si los negocios son retados por nuevos modelos competitivos que están cambiando la manera en que estos están formulados, la agilidad se convierte en una necesidad para una empresa que desea sobrevivir y competir. En otras palabras, agilidad es la capacidad que permite obtener ventajas en un entorno competitivo, donde la inseguridad domina y difiere estructuralmente de la producción masiva tradicional.

Prater, Biehl y Smith (2001) afirman que agilidad es la capacidad de una organización para desarrollarse dentro de un continuo cambio, en un entorno empresarial impredecible. En pocas palabras, una empresa *agile* ha diseñado su organización, procesos y productos de modo que pueda responder a los cambios con rapidez. Para definir el término "cadena de suministro *agile*", estos autores discuten los términos "agilidad" y "cadena de suministro", y señalan que la velocidad y la flexibilidad son los dos conceptos inherentes a la definición de agilidad. La velocidad es una medida del tiempo que se toma para enviar o recibir un bien y la flexibilidad es el grado en que la empresa es capaz de ajustar la hora en que se puede enviar o recibir productos. A su vez, la flexibilidad puede ser dividida en dos capacidades: la rapidez y el grado en que una empresa puede ajustar la velocidad de la cadena de suministro, destinos y volúmenes.

Van Hoek, Harrison y Christopher (2001) introducen agilidad como un concepto de gestión emergente en torno a la capacidad de respuesta a mercados dinámicos y turbulentos y a la

demanda de los clientes. Señalan que la agilidad es todo lo relacionado con la creación de esa capacidad de respuesta y el dominio de la incertidumbre.

Por otro lado, sobre planificación de producciones *agile*, Sánchez y Nagi (2001) presentan, en un artículo donde resumen lo publicado hasta 2001 sobre este tema, que los avances sobre este estuvieron enfocados en el desarrollo o adaptación de *softwares* con aplicaciones muy puntuales a industrias de ensamblaje.

Por su parte, Wang y Chai (2002) manifiestan que los inventarios pueden actuar para proteger los sistemas de la cadena de suministro de los requerimientos de respuesta rápida del mercado. Es así que los distribuidores y minoristas son considerados como entidades semiautónomas que forman parte de un sistema de cadena de suministro *agile*.

Más adelante, Stratton (2003) sostendrá que *agile* está más asociado al *quick response* (respuesta rápida), pero que es común referirla para establecer la diferencia con los conceptos *lean*. Señala, además, que *agile* se focaliza en productos de alta variedad de presentaciones y con demandas inciertas, lo cual generará altos inventarios en los puntos de despacho.

Giachetti y otros (2003) destacan que las empresas manufactureras tienen un gran interés en el desarrollo de sistemas de fabricación flexible y *agile*, dado que estas estrategias buscan aprovechar las propiedades intrínsecas de las tecnologías y sistemas para lograr ventajas competitivas. Las empresas con estas propiedades son más capaces para hacer frente a la mayor incertidumbre del entorno, adaptarse a la rapidez e incertidumbre de los mercados de hoy y reaccionar dentro de los pequeños espacios de oportunidades para la toma de decisiones.

Sin embargo, Prince y Kay (2003) hacen la salvedad que la producción *agile* no promete mejorar la eficiencia de la producción, pero sí proporciona el soporte de futuras estrategias de negocio, diseñadas para mejorar la manera en que una empresa compite en el mercado. Sobre un nivel estratégico de la producción, los autores agregan que el concepto

agile es muy atractivo por su potencial para poder enfrentar incertidumbres futuras y poder producir un amplio rango de productos altamente “customizados”, es decir, adecuados al cliente a precios de producción masivas. En su artículo, presentan el siguiente cuadro, que resume las tácticas generales más importantes de *agile*, según lo publicado por diferentes autores:

Cuadro 2: Táctica *agile* según diferentes autores en los años 90

Fuente	Táctica Agile
Cobbledick (1990)	Tiempos de ciclo de producción rápidos Identificación rápida de defectos en procesos Comunicación efectiva entre operarios y administración. Producción flexible diseñada para identificar las necesidades de cambio de los clientes.
Goldman y otros (1995)	Explotación de la tecnología de información y comunicaciones.
Montgomery and Levine (1995)	Eliminación de desperdicios
Agility Forum (1997)	Sistemas de producción re programables, re configurables, continuamente cambiabile, integrada dentro de un sistema de manufactura con información intensiva, haciendo los tamaños de lotes de un orden irrelevante. Estrategia de abastecimiento a pedido
Nagel and Dove (1991)	Habilidad para introducir nuevos productos rápidamente. Estrategia focalizad en finanzas eficientes a largo plazo.
Gunasekaran (1999)	Toma de decisiones a nivel Funcional. Costos unitarios estables Manufactura flexible. Fácil acceso a data integrada Facilidad de producción modulada. Cambios de formatos rápidos Cambios rápidos a software de control.

Fuente: Prince y Kay 2003

Por otro lado, Hines, Holwe y Rich (2004) sostienen que el concepto *agile* surge porque *lean* no se podía implementar en las empresas al no ser capaz de absorber la variabilidad de la demanda del mercado. Mencionan que la escuela *agile* introduce un mayor énfasis en la relación con la variabilidad de la demanda de los clientes, sistemas de ensambles a pedido, la creación de una cadena de suministro virtual y el mayor uso de herramientas

tecnológicas. Indican, finalmente, que, en un sistema *agile*, la reducción de inventarios en la cadena de suministro no es la clave principal, sino el estar atentos al mercado.

Bruce, Daly y Tower (2004) observan que, en la gestión *agile*, se requieren tiempos de abastecimiento mínimos, para atender la demanda volátil de los consumidores, y un alto nivel de disponibilidad de productos. Agregan que un suministro *agile* es sensible al mercado y tiene la habilidad de responder a los cambios de la demanda. Declaran, además, que las organizaciones deben tener la capacidad de estar disponibles para reaccionar a las posibles fluctuaciones en la demanda. Finalmente, consideran que el uso de las tecnologías de información permite compartir data entre compradores y proveedores y dentro de un escenario de fluctuación de la demanda, lo que es clave para un suministro *agile*.

En esa misma línea, Lee (2004) relaciona *agile* con agilidad o respuesta en corto tiempo a los cambios de la demanda o necesidades de suministro rápido (todo esto basado en un trabajo de cooperación entre proveedores y clientes). Además, cree que la agilidad es crítica, porque, en muchas industrias, tanto la demanda como el suministro varían muy rápidamente. Propone, para su implementación, promover el flujo de información entre proveedores y clientes, desarrollar relaciones de colaboración con los proveedores, diseñar sistemas para localizar los inventarios en los puntos más cercanos al consumidor. De este modo, sugiere construir un inventario pulmón a fin de mantener un volumen no muy costoso de componentes claves, tener una logística dependiente y trabajar un plan de contingencia con un equipo de manejo de crisis. Por ello, introduce, además del concepto de agilidad, el concepto de adaptabilidad en el diseño de una cadena de suministro: la alineación e integración de las organizaciones con los proveedores y clientes mediante el uso de la tecnología (todo ello con el objetivo de atender la variabilidad de la demanda de los productos y la variabilidad de presentaciones que se generan en el mercado mundial). Establece, también, que el sentido de la agilidad es responder, en el corto tiempo, a los cambios de la demanda, que el sentido de la adaptabilidad es ajustar el diseño y planificación de la cadena de suministro para acomodarla a los cambios del mercado y que el sentido de la alineación con proveedores y clientes es establecer incentivos con estos

socios para mejorar la eficiencia integral de la cadena de suministro. Por último, sostiene que las empresas pueden lograr agilidad en la cadena de suministro tomando como base las siguientes reglas:

- Proveer, continuamente, data a los socios de la cadena de suministro, de modo que puedan responder, rápidamente, a la demanda.
- Desarrollar relaciones de colaboración con proveedores y clientes para trabajar juntos en el diseño o rediseño de procesos, componentes y productos, y, también, en planes de contingencia
- Diseñar productos que compartan materiales y procesos comunes en los momentos iniciales y que solo cambie el proceso final de producción
- Mantener pequeños inventarios de bajo costo, de pequeños componentes, que son siempre responsables de los cuellos de botella
- Construir un sistema logístico dependiente que permita a la empresa tener capacidad de respuesta ante necesidades inesperadas
- Colocar, junto con proveedores y clientes, un equipo de trabajo que sepa cómo ejecutar un plan de contingencia

Yusuf y otros (2004) proponen un modelo conceptual para evaluar la capacidad de una cadena de suministro *agile* que consiste en cuatro dimensiones: práctica de cadena de valor, objetivos competitivos, impacto de los motores del cambio y rendimiento del negocio.

Lou y otros (2004) señalan que una de las características más importantes de la cadena de suministro *agile* es la capacidad de poder reconfigurarse de forma dinámica y rápida, de acuerdo con los cambios de la demanda en el mercado. Esta reconfiguración es una de las características importantes de una cadena de suministro *agile* y su gestión es una de las claves de la fabricación basada en alianzas dinámicas.

Agarwal, Shankar y Tiwari (2006) señalan que cualquier cadena de suministro *agile* de una empresa se determina por cómo se configuran sus componentes físicos (materiales, producción y distribución), para darle velocidad y flexibilidad a la cadena de suministro.

Indican como ejemplo que la parte de distribución de una cadena de suministro que utiliza transporte marítimo puede no dar flexibilidad.

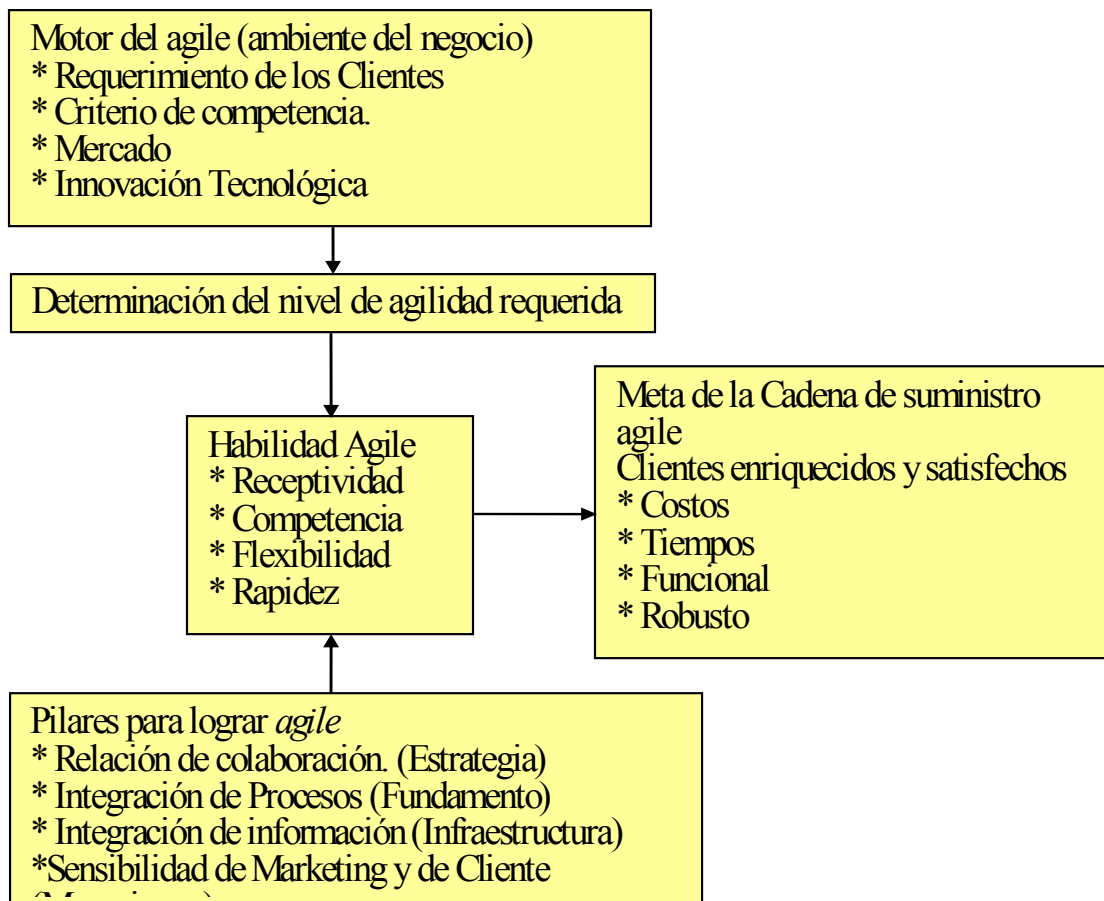
White, Daniel y Mohdzain (2005) resaltan que, en muchos mercados, se está volviendo imposible eliminar o ignorar las fuentes de la turbulencia y volatilidad. Por lo tanto, los que gestionan la cadena de suministro debe aceptar la incertidumbre, pero deben desarrollar una estrategia que les permita ajustar la oferta y la demanda a un costo aceptable. La capacidad para lograr esto se llama cadena de suministro ágil, caracterizada por la información y, sobre todo, por los sistemas ágiles de información, que son reconocidos como un factor crítico para lograr la agilidad en la cadena de suministro.

Li y otros (2005) conceptualizan, desarrollan y validan seis dimensiones de las mejores prácticas de la cadena de suministro: proveedores estratégicos, socios, relación con clientes, comunicación de la información, prácticas *lean* y posponer la terminación del producto. Concluyen que las prácticas *lean* no son apropiadas para aplicarlas en empresas ubicadas al final de la cadena de suministro (distribuidoras y minoristas), dado que el nivel de calidad de información puede influir negativamente por la longitud de la cadena de suministro, ya que esta puede estar distorsionada o no actualizada. En ese sentido, Kleindorfer, Singhal y Van Wassenhove (2005) agregan que una gestión de operaciones sostenible debe ayudar a las empresas a ser ágiles, adaptables y a estar alineadas con el equilibrio de las personas y el entorno, lo que asegura utilidades al negocio.

Por otro lado, Lin (2006) señala que, para obtener una ventaja competitiva en un ambiente de cambios, las compañías deben alinear sus operaciones con los proveedores y clientes, de modo que puedan trabajar juntos para lograr un alto nivel de agilidad en la gestión de la cadena de suministro y utilizar esto como un vehículo de competitividad. Destaca que lo importante es conocer qué es exactamente agilidad y cómo puede ser medida, más aun, cómo la agilidad puede ser efectivamente lograda y alcanzada. Señala, también, que la cadena de suministro *agile* debe focalizarse en promover adaptabilidad, flexibilidad y tener la habilidad de responder y reaccionar rápidamente, y en forma efectiva, a los cambios del mercado. El estudio destaca el desarrollo de un indicador para medir la agilidad de una

cadena de suministro basado en ratios de atributos a los cuales se les asigna pesos para obtener un indicador ponderado. Finalmente, el autor presenta el siguiente modelo conceptual para graficar estas ideas:

Figura 4: Modelo conceptual de una cadena de suministro agile



Fuente: Lin 2006

Vonderembse y otros (2006) señalan que la cadena de suministro *agile* es una filosofía que relaciona la interfase entre las compañías y el mercado, es decir, una perspectiva externa de flexibilidad. La cadena de suministro *agile* se focaliza en responder a un mercado con cambios impredecible y capitaliza sobre ellos, a través de abastecimientos rápidos y flexibles, en los tiempos de abastecimiento. En ese sentido, emplea nuevas tecnologías, métodos, herramientas y técnicas para solucionar problemas inesperados y

utiliza las tecnologías de la información para obtenerla más rápido y poder tomar mejores decisiones.

Swafford, Ghosh y Murthy (2008) definen agilidad como una medida de tiempo de reacción y flexibilidad. De este modo, y solo a partir de este concepto, se puede concluir que agilidad y flexibilidad son conceptos distintos: la flexibilidad es un antecedente de la agilidad. Ello puede sostenerse si pensamos que la integración de las tecnologías de la información impacta en la flexibilidad de la cadena de suministro, lo cual resulta en una mayor agilidad de la cadena de suministro y, finalmente, en una mayor eficiencia de negocios competitivos. Una empresa que ha integrado tecnologías de la información y flexibilidad tiene más potencial para lograr la agilidad de la cadena de suministro que una empresa que solo trabaja el tema de integración de tecnología de información.

Por su parte, Baker (2008) señala que las principales competencias identificadas en un estudio de redes de suministro *agile* son habilidades para:

- Optimizar la cadena de suministro en conjunción con proveedores y clientes
- Planear y tomar decisiones a lo largo de la empresa
- Flexibilizar el espacio utilizado dentro de almacenes compartidos con operadores logísticos
- Acceder rápidamente a espacios adicionales de almacenes alquilados
- Planear y tener nuevos almacenes operacionales rápidamente (almacenes propios o de operadores logísticos)
- Manejar flujos de rutas a través la red de distribución en línea con los cambios de circunstancias
- Diseñar edificios y equipos para el crecimiento y la flexibilidad
- Adoptar organización del personal de línea (propio o temporal)
- Establecer los procesos para dar dirección a la varianza potencial
- Soportar estos procesos con apropiados sistemas de información.

2.3 El concepto *leagile supply*

Bruce, Daly y Tower (2004) definen el *lean* y *agile*, o el llamado *leagile*, como una combinación de ambos conceptos, que enfocan suministrar productos en forma efectiva y gestionar los procesos de manufactura a fin de reducir los tiempos de abastecimiento (*lead times*). La clave de esto, agregan, es mejorar la gestión de órdenes de demanda y la reducción de actividades que no dan valor a lo largo de la cadena de suministro, en otras palabras, planificar la producción en un ambiente que busque eliminar los desperdicios en la fabricación y suministros.

Asimismo, Naylor, Naim y Berry (1999), autores de estos conceptos, integran los conceptos *lean* y *agile* en lo que llama *leagile*: una estrategia de la cadena de suministro total. Comparan los conceptos *lean* y *agile* y definen el punto de desacople, como el punto donde debe ubicarse el inventario estratégico y donde se unen las estrategias *lean* y *agile* de una cadena de suministro, ello para adecuarse a la fluctuación de la demanda y mantener una planificación *lean* nivelada, hasta antes del punto de desacople, y una planificación *agile*, luego del mismo, todo esto para absorber las variaciones de la demanda. Los autores establecen, también, que la ubicación del punto de desacople dependerá del producto y de la categoría del mismo.

Por su parte, Christopher (2000) resalta el concepto *agile*, señalando que es más sensible al mercado, y critica el concepto *lean*, afirmando que este es solo aplicable donde la demanda de productos es predecible, los requerimientos de variedad son bajos y los volúmenes de ventas de cada una de ellas son altos. Por otro lado, está de acuerdo con combinar los conceptos *agile* y *lean* dentro de una estrategia híbrida y lo sustenta en que muchos negocios tienen demandas volátiles e inciertas, los ciclos de vida de los productos cada vez son más cortos y la competencia dentro de la economía global crea más incertidumbre en la demanda. Considera que la aplicación de estos conceptos es clave para enfrentar el mercado moderno y define agilidad como la habilidad de una organización para responder, rápidamente, a los cambios de la demanda en términos de volumen y variedad. Señala que un punto importante por reconocer es que, actualmente,

hay dos puntos de desacople en la cadena de suministro: el primero, referido a los materiales donde la estrategia de inventarios es tenerlos en una forma genérica como sea posible (este punto, idealmente, debería ubicarse lo más cerca posible al mercado); el segundo, referido al punto de desacople de la información (la idea aquí es que esta llegue al punto más alejado aguas arriba de la cadena de suministro).

Más tarde, Stratton y Warburton (2003) establecen el concepto de agilidad, que surge porque el concepto *lean* depende de una programación nivelada y la realidad es que la cadena de suministro requiere acomodarse a la variedad de productos y variabilidad de la demanda, a los ciclos de vida de productos cortos y a los tiempos de abastecimientos y traslados largos. Agilidad, para los autores, es la combinación de *lean* y *agile*, pues su aplicación genera la necesidad de planificar, adecuadamente, pequeños niveles de inventarios a lo largo de la cadena de suministro, debido a que las capacidades de producción y distribución no son ilimitadas y estas pueden ser una restricción en una cadena de suministro que busque rapidez y agilidad en el suministro, y que evite excesos de inventarios que terminen en productos obsoletos. Indican, también, que el sentido de *agile* es responder a la demanda, mientras que para *lean* es la eficiencia. Una forma de graficar esto es a través de la figura adjunta, una modificación a lo elaborado por Fisher (1997), que ilustra la necesidad de enfrentar los tipos de productos con el foco de la cadena de suministro. Esto se puede observar en un ejemplo de la industria de la ropa, donde existe distinción entre los productos básicos, que se venden durante todo el año, y los productos de moda, que se venden durante una estación determinada del año.

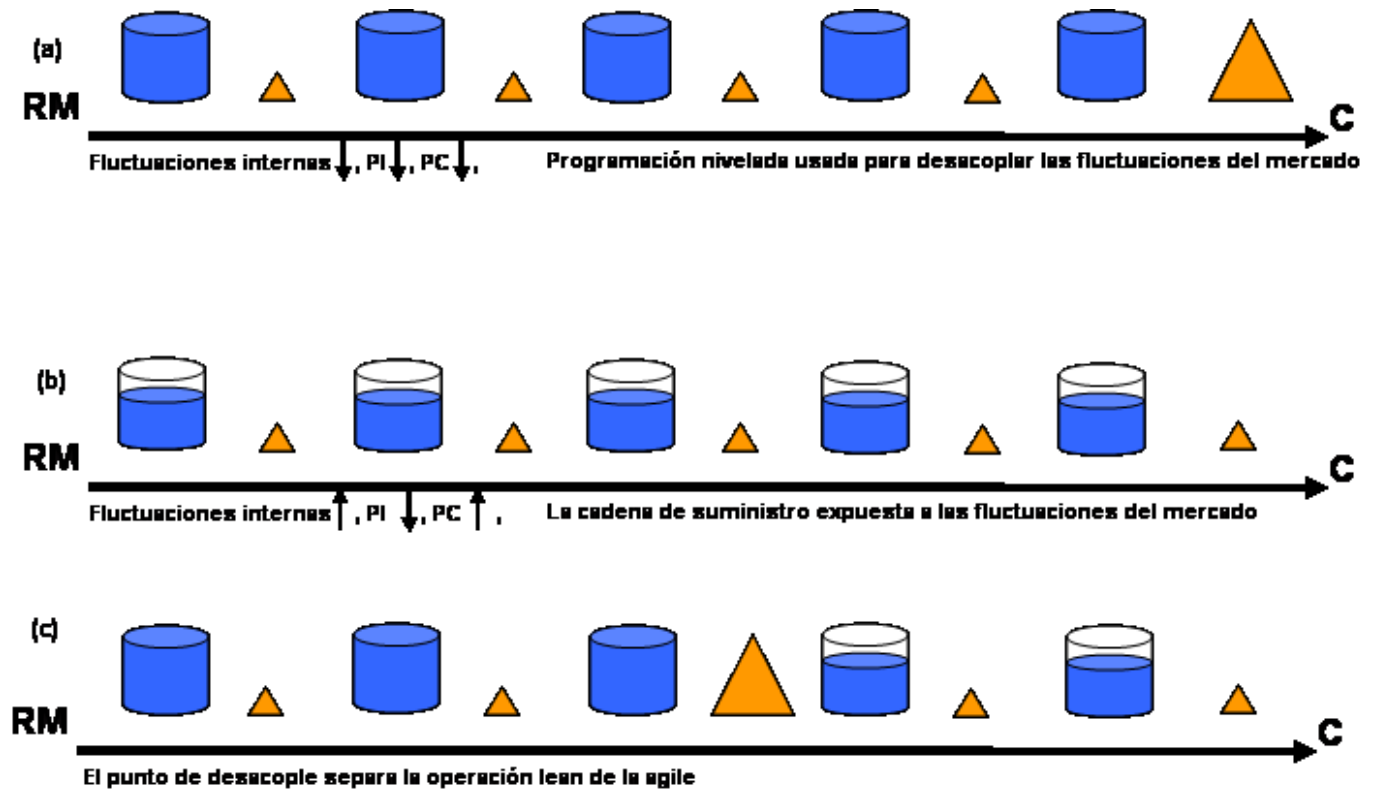
Figura 5: Correspondencia entre cadena de suministro y productos

	Productos Funcionales	Productos de Innovación
Cadena de suministro eficiente	Correspondencia con Lean	No hay Correspondencia
Cadena de suministro Reactiva	No hay Correspondencia	Correspondencia con Agile

Fuente: Stratton y Warburton 2003

Por otro lado, en la Figura 6, a) ilustra la operación de un sistema *lean* que trabaja con bajos niveles de variaciones internas e inventarios, pero, potencialmente, con alto nivel de inventario al final, a fin de desacoplar el sistema de producción de la variación de la demanda del mercado. Esto será válido en industrias donde la vida del producto es larga. El caso b) corresponde a un suministro *agile* donde se presenta un alto nivel de fluctuación interna, que es común en mercados de bajo volumen y alta variedad de manufactura, lo cual hace inevitable una mayor susceptibilidad a variaciones internas y a una mezcla de inventarios y capacidad de líneas de producción para asegurar el flujo al mercado. También, limita el uso efectivo del inventario y hace énfasis en el rol de disponer de mayor capacidad de líneas de producción. Finalmente, el caso c) muestra el efecto del punto de desacople en la cadena de suministro.

Figura 6: Correspondencia entre cadena de suministro y productos



Fuente: Stratton y Warburton 2003

Mason-Jones, Naylor y Towill (2000b) señalan que *lean* y *agile* pueden, en algunas ocasiones, ser combinados con el uso de la estrategia del punto de desacople. Esto es conocido como *leagile* y la ventaja de esto es que, en la parte de manufactura, se pueden aplicar, eficientemente y a bajo costo, los conceptos *lean*, con programación de producción nivelada, y, aguas abajo del punto de desacople, se puede aplicar una estrategia *agile* capaz de abastecer a un mercado impredecible. En este artículo, se presentan las doce reglas, citando como fuente a Towill (1999), para simplificar el flujo de materiales en cadenas de suministros que usen los conceptos *lean* y *agile*. Estas se mencionan a continuación:

- **Regla N°1:** Solo hacer productos que se pueda despachar y facturar rápidamente al cliente

- **Regla N°2:** Solo hacer en un periodo aquellos componentes que se requerirán para el ensamble en el siguiente periodo
- **Regla N° 3:** Minimizar los tiempos de abastecimiento de materiales
- **Regla N° 4:** Utilizar los periodos de planificación más cortos: la menor cantidad que pueda ser gestionada eficientemente
- **Regla N° 5:** Solo recibir pequeños lotes de los proveedores, de acuerdo con lo que realmente se va a requerir para los procesos o ensambles
- **Regla N° 6:** Sincronizar la cadena de suministro al suministro de la misma
- **Regla N° 7:** Agrupar productos y procesos de diseño apropiados para cada cadena de valor
- **Regla N° 8:** Eliminar todos los procesos inciertos
- **Regla N° 9:** Entender la documentación, simplificar y, solo entonces, optimizar la cadena de abastecimiento
- **Regla N° 10:** Hacer más eficiente y hacer altamente visible todo el flujo de información
- **Regla N° 11:** Utilizar solo sistemas de soportes de decisiones probadas y simples, pero robustas
- **Regla N° 12:** El objetivo de los procesos de negocios es la cadena de suministro integrada: todos los jugadores deben actuar como uno solo

Childerhouse y Towill (2000) sostienen que la adopción de los conceptos *lean* son apropiados para productos *comodities*, cuya demanda puede ser predecible. En cambio, los conceptos *agile* son relevantes para productos de innovación, cuya demanda es impredecible. El Cuadro 3 enfatiza los atributos de suministros con conceptos *lean* y *agile*.

Cuadro 3: *Atributos de lean y agile*

Atributos	Suministro <i>lean</i>	Suministro <i>agile</i>
Productos típicos	Comodities	Productos de moda
Demanda del mercado	Predecible	Volátil
Variedad de productos	Bajo	Alto
Ciclo de vida del producto	Largo	Corto
Motivación del consumidor	Costos	Disponibilidad
Margen de utilidad	Bajo	Alto
Costo dominante	Costo físico	Costo marketing
Penalizaciones por quiebres de inventario	Contractual de largo plazo	Inmediato y volátil
Política de compras	Compra de productos	Capacidad asignada
Enriquecimiento de información	Alta deseable	Obligatoria
Mecanismo de pronóstico	Algoritmo	Consultivo

Fuente: Bruce, Daly y Tower 2004

Herer, Tzur y Yucesan (2002) introducen, en el concepto *leagility*, el término trasbordo, que refiere una practica común de sistemas de multiubicación de inventarios, aplicando el monitoreo de movimientos de inventario entre ubicaciones del mismo nivel de escalón de

la cadena de suministro. Demuestran que el trasbordo puede reducir los costos mediante la reducción del nivel de inventario total y mejorar el nivel de servicio al reducir la probabilidad de quiebres de inventario y recortando los tiempos de reposición de abastecimiento.

Cochran y Márquez (2005) destacan que las empresas de producción modernas están organizadas como una red local de producción y distribución. Hoy, los clientes regulan el mercado y los fabricantes buscan encontrar opciones para satisfacer la demanda de los clientes, dar rápido cumplimiento a las órdenes de pedido y proveer rápidos suministros. El ambiente de la fabricación ha cambiado de producción masiva tradicional a producción *lean* y a producción *agile*, pues los productos son más complejos, requieren más procesos de producción y tienen una vida de producto más corta

Casanovas y Cuatrecasas (2005) señalan que almacenar en un solo punto de la cadena logística ofrece al inventario y al almacenaje un valor estratégico en la cadena logística, alejándose del concepto de despilfarro o coste e inversión a soportar. Dentro de este concepto, los autores relacionan el suministro con el servicio y destacan la importancia de definir el *output* de la cadena de suministro, pues, tanto en las empresas industriales como en las de servicio, el *output* es una mezcla de un bien material y de un servicio, que puede expresarse en puntualidad, roturas de inventarios, flexibilidad, calidad, customización o productos a medida, etc., que tienen como objetivo la satisfacción del consumidor final. En este sentido, ambos autores destacan las prioridades competitivas: costos, servicio, calidad, flexibilidad e innovación.

Por otra parte, Naylor, Naim y Berry (1999) presentan el Cuadro 4 con algunas características claves de los conceptos *agile* y *lean*, y como una estrategia de la cadena de suministro. El cuadro está basado en literatura relacionada con manufactura *lean*, manufactura *agile*, gestión de la cadena de suministro y casos de estudios industriales.

Cuadro 4: Características claves de los conceptos lean y agile

Característica	Lean	Agile
Uso del conocimiento del Mercado	OOO	OOO
Corporación virtual / Flujo de valor/ cadena Integrada	OOO	OOO
Reducción de lead times	OOO	OOO
Eliminación de “Muda” (desperdicios)	OOO	OO
Re configuración rápida	OO	OOO
Robusto	O	OOO
Programación nivelada / Demanda estable	OOO	O

Notas: Esencial: OOO; Deseable: O; Arbitrario: O

Fuente: Naylor, Naim y Berry 1999

Naylor, Naim y Berry (1999) también definen que un suministro *agile* significa que los procesos de producción deberán ser capaces de responder, rápidamente, a los cambios de información del mercado. Esto requiere reducción de los tiempos de abastecimiento en términos de flujo de información y materiales, y es esencial la habilidad para “reconfigurar rápidamente” los procesos de producción. En suministro *lean*, la habilidad de cambios rápidos de productos es también clave, como cualquier tiempo de desperdicio que sucede, por ejemplo, en los cambios de formatos para producir otro producto.

El Cuadro 5 presenta cómo se relacionan los valores métricos indicados para cadenas de suministro *lean* o *agile*.

Cuadro 5: Listado de importancia de diferentes indicadores lean agile

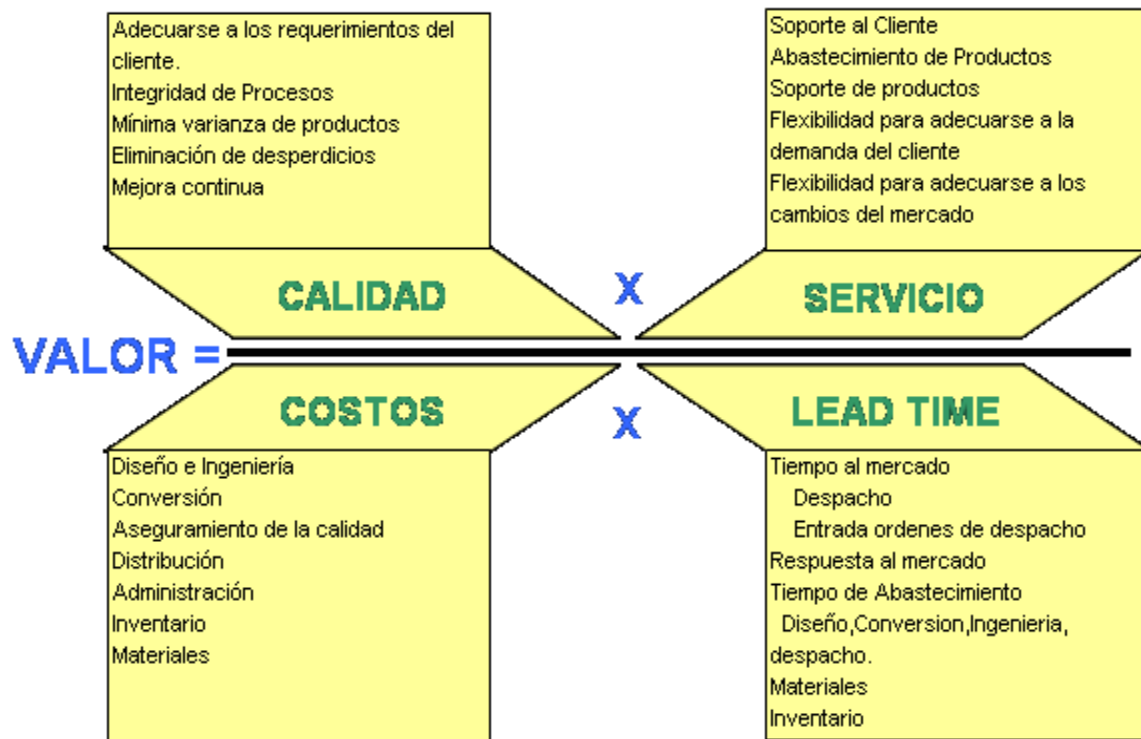
Metric	Agile	Lean
Lead time	OOO	OOO
Servicio	OOO	OO
Costos	OO	OOO
Calidad	OOO	OOO

Notas: Indicador clave: OOO; Indicador secundario OO; Indicador arbitrario: O

Fuente: Naylor, Naim y Berry 1999

Igualmente, Naylor, Naim y Berry (1999) presentan la Figura 7, que muestra un indicador de valor, desarrollado por Johansson (1993).

Figura 7: Indicador de valor total



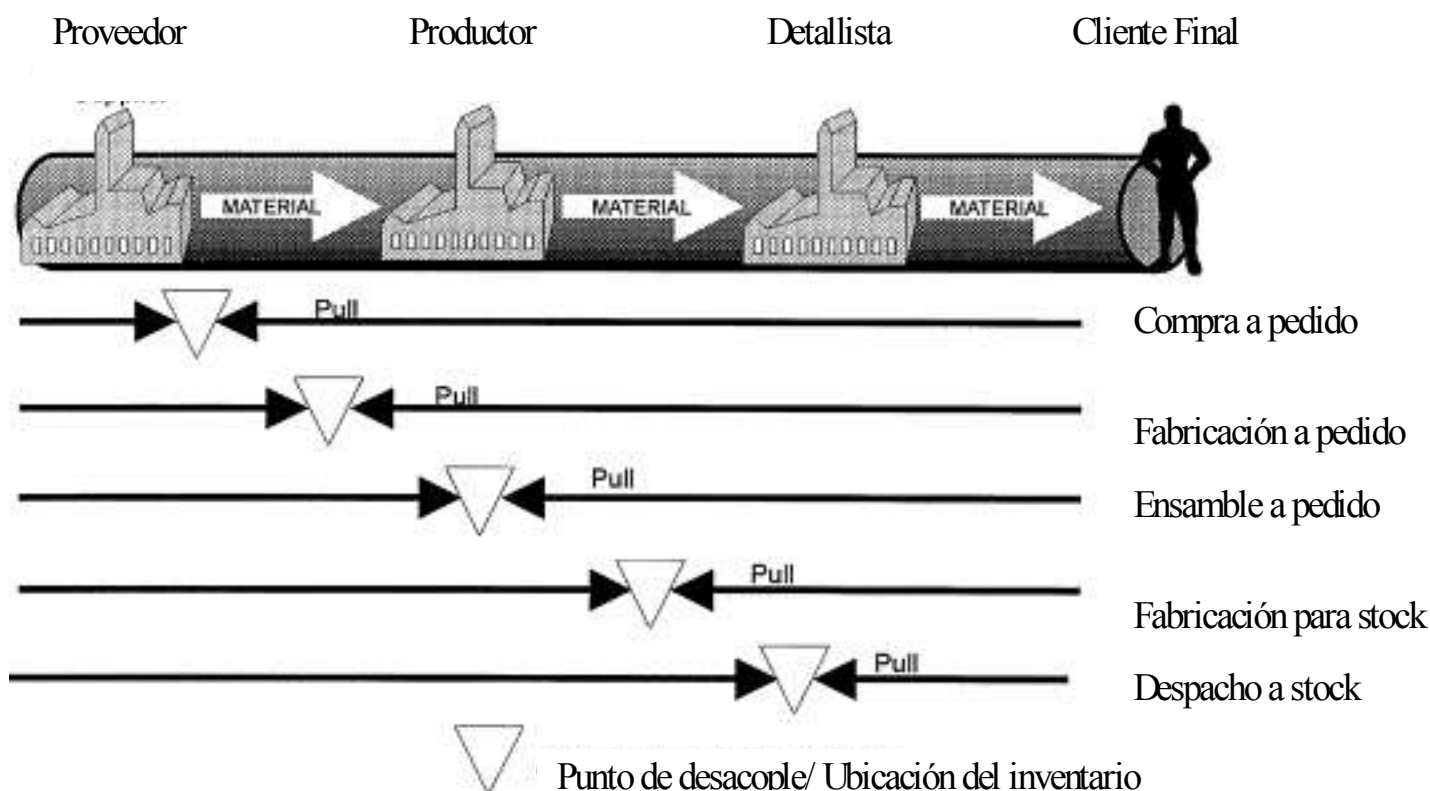
Fuente: Johansson 1993 en Naylor, Naim y Berry 1999

Sobre *leagile*, Agarwal, Shankar y Tiwari (2006) establecieron un modelo de estructura métrica para determinar la eficiencia de la cadena de suministro, la misma que establece que sus indicadores determinantes están regidos por el tiempo de abastecimiento (*lead time*), costos, calidad y nivel de servicio, y que estos se miden en las dimensiones de sensibilidad del mercado, integración de procesos, información y flexibilidad. Su estudio concluye en que la mejora de la eficiencia de la cadena de suministro implica una que es capaz de responder, rápidamente, a las variaciones de la demanda de los clientes con una efectiva reducción de costos. También, señalan que *lean* maximiza las utilidades a través de reducción de costos, mientras *agile* maximiza las utilidades a través de dar

exactamente lo que el cliente requiere. La combinación de ambos logra maximizar las utilidades por menores costos y por mejor nivel de servicio en un mercado volátil.

Adicionalmente, Naylor, Naim y Berry (1999) señalan que una producción *agile* debe ser capaz de resistir variaciones y disturbios de la demanda y, es más, debe estar en una posición que le permita tomar ventaja de estas fluctuaciones para maximizar sus utilidades. La producción *lean* reduce la variación de la demanda por simplificación, optimización y eficiencia de la cadena de suministro. En ese sentido, las variaciones bruscas en demanda podrían llevar a desperdiciar cualquier capacidad no utilizada o necesitar mantener grandes inventarios. Para ilustrar esto, los autores muestran la Figura 8, con la estructura de la cadena de suministro simplificada y con los puntos de desacople, punto de ubicación estratégica del inventario.

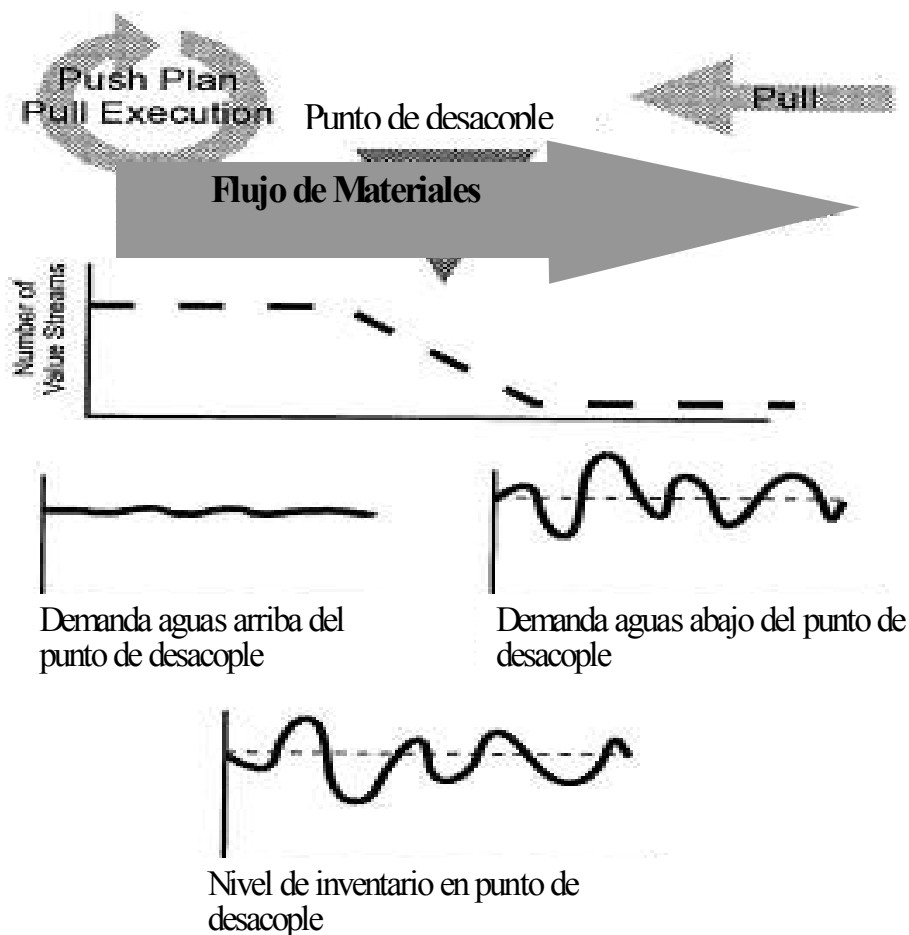
Figura 8: Estrategias de la cadena de suministro



Fuente: Naylor, Naim y Berry 1999

El punto de desacople separa la parte de la cadena de suministro que responde directamente al cliente (la parte de la cadena que usa planificación de la demanda) y una estrategia de inventarios de seguridad ante la variabilidad de la demanda de la cadena de suministro. Por lo tanto, el posicionamiento del punto de desacople depende de qué tan largo es el tiempo de abastecimiento (*lead time*), qué tanto un usuario final está preparado para tolerar un desabastecimiento y el punto al cual la variabilidad de la demanda de productos domina, aguas abajo del punto de desacople, todos los productos que son “jalados” (*pull*) por los clientes finales.

Figura 9: Efectos del punto de desacople



Fuente: Naylor, Naim y Berry (1999)

Por su parte, Fisher (1997), uno de los autores más citado en esta búsqueda, cuestiona la eficacia de los conceptos que ofrecen mejorar la eficiencia de las cadenas de suministro, pues, según el autor, no muestran buenos resultados, ya que no consideran la naturaleza de la demanda. Ante esta situación, define que la estrategia de la cadena de suministro debe considerar no solo la naturaleza de la demanda de cada producto, sino, también, aspectos como ciclo de vida del producto (si la demanda es predecible), la variedad de productos y los estándares del mercado en aspectos de tiempos de suministro y nivel de servicio aceptados por este. Señala, también, que, en la realidad, las demandas dependen del tipo de producto y categoría, y clasifica los productos en funcionales y de innovación, y afirma que cada uno de ellos implica cadenas de suministros diferentes.

Como se puede notar, los conceptos *lean* y *agile* se iniciaron en fechas diferentes (uno en 1989 y otro en 1994) y llegaron a competir. No obstante, a partir de 1999, los autores coinciden en la necesidad de unir ambos conceptos para lograr adaptar y alinear la gestión de la cadena de suministro, de modo que se pueda conseguir valor para los clientes, reduciendo costos y mejorando el nivel de servicio, consiguiendo ser ágiles y flexibles en los suministros de productos. Sin embargo, no en todos los casos se pueden aplicar los conceptos *lean* y *agile*, pues su implementación en las industrias depende de muchos aspectos: nuevos productos, tiempos de abastecimiento y hasta temas como ausentismo de la mano de obra, por ejemplo, como indica Quintana (1998) en un estudio realizado en la industria de producción ubicada en la frontera de Estados Unidos.

A continuación, en el Cuadro 6, se resume la evolución de los conceptos *lean* y *agile* a través de los últimos veinte años y, en el Cuadro 7, los autores de artículos y libros más citados en estos temas:

Cuadro 6: Evolución histórica de los conceptos lean y agile según el estado del arte descrito

Hasta	Evolución histórica de los conceptos lean y agile	
1985	Se utilizan los conceptos Toyota Production System (TPS). Es decir JIT (Justo a tiempo), Kanban, Control de Procesos a través del Six Sigma, Mejora continua (Kaisen) ,TPM (Mantenimiento Productivo total),etc	Necesidad del uso de la tecnología de información como soporte para aplicar los conceptos lean y agile e integrarse con Proveedores y Clientes
1990	Aparece el concepto lean manufacturing, basado en los conceptos de la TPS, donde los procesos de producción se realizan a bajo costo, mediante la eliminación de todo desperdicio que no da valor al consumidor , mínimos inventarios a lo largo de los procesos productivos y cadena de abastecimiento, programas de producción nivelados (Heijunka) y que el ritmo de la producción se alinea al ritmo de las ventas reales. Este concepto se enfrenta a los conceptos tradicionales, basado en el pronóstico de ventas y planificación de la producción con grandes lotes que buscaban la economía de escala.	
1995	Aparece el concepto agile, que busca tomar conciencia que en la mayoría de las industrias las ventas presentan variabilidad y que el mercado global tiende a tener variedad de productos y por tanto era necesario contar con suficiente inventario para poder atender el mercado con muy buen nivel de servicio. Profundiza el tema de ver la cadena de suministro de forma integral y no sólo con una visión de producción. Establece que la cadena de suministro no sólo debe buscar reducir costos sino también un buen nivel de servicio a sus clientes, estableciéndose indicadores para medir el valor de la cadena de suministro . También se destaca la necesidad de integración vía tecnología de información con Proveedores y Clientes.	
2000	Se presenta la polémica entre los conceptos agile y lean, apareciendo críticas a la aplicabilidad de los conceptos Lean por no considerar la variabilidad de las ventas y ser sólo aplicable a la industria de ensamblaje. La crítica a los conceptos agile radica en la necesidad de inventarios para absorber la demanda variable de ciertas industrias y por tanto mayores costos en la cadena de suministro. Aparecen también segmentaciones de productos en Funcionales , es decir los que tienen una demanda conocida y bastante estable, y los productos de innovación, es decir los nuevos productos con comportamiento de demanda desconocidos, donde la aplicación de los conceptos lean y agile se utilizan más para uno u otro tipo de producto. Finalmente aparece el concepto leagile que busca aprovechar lo mejor de cada concepto, lean o agile, y establece ubicaciones estratégicas del inventario , que absorbe la variabilidad de la demanda, llamado punto de penetración de pedido o punto de desacople, donde aguas arriba de este punto se aplican los conceptos lean y aguas abajo los conceptos agile	
2005	Se inicia la publicación de artículos que refuerzan la estrategia de unir los conceptos lean con agile, se establecen comparaciones entre los conceptos lean, agile y leagile y se concluye en la importancia de trabajar juntos ambos conceptos. Surgen conceptos como el de adaptabilidad que establece que cada cadena de suministro puede adaptar estratégicamente la aplicación de los conceptos lean y agile y el de alineamiento con proveedores y clientes en la búsqueda de hacer fluida la información a lo largo de la cadena y lograr la sincronización. Se consolidan los conceptos de Colaboración Clientes Empresa a fin mejorar el valor agregado a los Clientes, al aplicar los conceptos lean y agile. También aparecen artículos que refuerzan los conceptos de agilidad y flexibilidad y se inicia evaluaciones del concepto lean considerando aspectos del medio ambiente.	
2010	Surge aplicaciones de los conceptos lean y agile, agilidad, adaptabilidad y se continua la difusión de las ventajas de los mismos,medidos con indicadores que muestren el Valor agregado a los Clientes	

Fuente: elaboración propia

Cuadro 7: Resumen con autores más citados y sus aportes al tema lean y agile

N°	Autor	Año	Artículo o libro	Aporte
1	Ohno	1988	The Toyota Productive System: Beyond large Scale Production	Difunde los conceptos del sistema de producción Toyota (The Toyota Production system (TPS), más conocido en el mundo bajo el nombre de Kamban o JIT. Establece los elementos que en la línea de producción no dan valor agregado a los consumidores o clientes. Entre ellos, las pérdidas por arranques y paradas de planta, pérdidas por cambios de formatos, entre una presentación y otra, mermas, tiempos de esperas y otras.
2	Womack, Jones y Roos	1990	The Machine that Changed the World	Fue el primer libro que describe el sistema de producción Toyota, al que llama Sistema Toyota de producción esbelta, es decir, <i>lean</i> . Compara las ventajas de producir bajo un sistema <i>lean</i> versus la producción de grandes lotes, y describe formas de pensar cómo el trabajo humano puede crear valor en la línea de producción.
3	Goldman, Nagel y Preiss	1994	Agile Competitors and Virtual Organizations: Strategies for Enriching	Presenta el concepto <i>agile</i> basado en que el proceso de producción debe ser capaz de responder rápidamente a los cambios de información del mercado. Es decir, aprovechar los conocimientos del mercado y una corporación virtual para explotar oportunidades de rentabilidad en los mercados volátiles.
4	Lamming	1996	Squaring lean supply with supply chain management	Desarrolla el concepto de la necesidad de una cadena de suministro integrada y el uso de la tecnología para lograr un suministro <i>lean</i> , es decir, la integración de proveedores y clientes desde las materias primas hasta el cliente final.
5	Womack y Jones	1996	Lean Thinking	Desarrolla la idea de un concepto de "empresa <i>lean</i> ", como un grupo de empresas individuales, funcional y legalmente separadas, pero que operan como compañías sincronizadas. El objetivo de la gestión <i>lean</i> es eliminar los desperdicios y permitir un programa de producción nivelado.
6	Fisher	1997	What is the right supply chain for your product?	Establece que las demandas dependen del tipo de producto y categoría y que esta define la estrategia a utilizar para la cadena de suministro. Clasifica los productos en funcionales y de innovación, señalando que cada uno de ellos implica cadenas de suministros diferentes. Establece que las demandas variarán de acuerdo al tipo de producto.
7	Naylor, Naim y Berry	1999	Leagility: integrating the lean and agile manufacturing paradigms in the total supply chain	Desarrolla el concepto <i>leagile</i> como una estrategia de la cadena de suministro total. Compara los conceptos <i>lean</i> y <i>agile</i> , y define el punto de desacople como el punto donde debe ubicarse el inventario estratégico y donde se unen las estrategias <i>agile</i> y <i>lean</i> , todo esto para adecuarse a la fluctuación de la demanda y tener una programación <i>lean</i> nivelada.
8	Christopher	2000	The agile supply chain : Competing in volatile markets	Refuerza la intención de combinar tanto los conceptos <i>agile</i> como <i>lean</i> , y la sustenta en el hecho que muchos negocios tienen demandas volátiles e inciertas. Considera que la aplicación de estos conceptos es clave para enfrentar el mercado moderno.
9	Stratton	2003	The Strategic integration of agile and lean supply	Establece el concepto de agilidad, que surge porque el concepto <i>lean</i> depende de una programación nivelada y la realidad es que la cadena de suministro requiere acomodarse a la variedad de productos y variabilidad de la demanda. Agilidad es la combinación de <i>lean</i> y <i>agile</i> .
10	Lee	2004	The triple A Supply chain	Introduce conceptos de agilidad y adaptabilidad en el diseño de una cadena de suministro y alineación e integración de proveedores y clientes con el uso de tecnología. Todo esto con el fin de atender la variabilidad de la demanda de los productos y la variabilidad de presentaciones que se están generando en el mercado mundial.
11	Lin	2006	Agility index in the supply chain	Destaca que lo importante es conocer qué es exactamente agilidad y cómo puede ser medida, más aun, cómo la agilidad puede ser efectivamente lograda y alcanzada. El estudio desarrolla un indicador para medir la agilidad de una cadena de suministro, que está basado en ratios de atributos a los cuales se les asignan pesos para obtener un indicador ponderado.

Fuente: elaboración propia a partir de los artículos referidos en el cuadro

2.4 Marco conceptual para el desarrollo de la metodología de planificación

Para el desarrollo de la metodología de planificación, se ha tomado el siguiente marco conceptual:

- Naylor, Naim y Berry (1999) señalan que algunos autores formulan, para gestionar la cadena de suministro con una visión más real, el concepto de inventario mínimo razonable (*minimum reasonable inventory*, MRI). Este concepto define que el nivel adecuado del MRI se puede lograr aprovechando un mayor conocimiento y comportamiento del mercado. De esta forma, el fabricante *agile* debe buscar eliminar todas las actividades que no agregan valor y deberá que ser cuidadoso en la consideración de los inventarios y/o requerimientos de capacidades, de este modo puede asegurar que la cadena de suministro sea robusta y haga frente a cambios en los requerimientos del consumidor final. Este concepto es parte de la base teórica de la metodología, dado que previa a la planificación *lean agile* se requiere determinar los niveles de inventarios de la red de distribución desde el punto de desacople hasta el almacén que despacha a los clientes.
- Womack y Jones (1996) destacan que una mejora en el grado de reacción de los sistemas de producción y distribución permitiría que las tiendas detallistas adopten un sencillo sistema de reposición según el cual las ventas que hayan tenido durante el día desencadenarían, por la noche, las correspondientes entregas de reposición y las actividades de producción del día siguiente. Este sistema podría, igualmente, reducir, considerablemente, los costos y evitar que las tiendas tengan que reducir, periódicamente, los excesos de existencias con ofertas especiales a bajo precio. Este concepto es la base de la metodología de planificación desarrollada en la tesis y aplicada en la red de distribución de una empresa, llegando hasta la planificación de la producción de cada producto o Sku. En otras palabras, lo que se vende en un ciclo o periodo será el plan de traslado, despacho o producción del ciclo o periodo

siguiente. Finalmente, hay que aclarar que el ciclo o periodo lo define el *lead time* o tiempo de abastecimiento y la frecuencia con que se realiza.

- Por su parte, Lee (2004) señala, además del concepto agilidad de la cadena de suministro, los conceptos de adaptabilidad y alineamiento, a fin de que el diseño de la cadena de suministro se adapte a la estructura del mercado, estrategias de distribución, productos y tecnología, y se integre con los clientes para el intercambio de información. La metodología de planificación desarrollada está basada en la determinación de los inventarios en el punto de desacople y en cada almacén de la red de distribución de la cadena de suministro. Esto implica adaptar el diseño de la red de distribución con inventarios adecuados desde el punto de desacople hasta los almacenes de despacho a clientes, a fin de absorber la variabilidad de la demanda específica de cada Sku en cada almacén de delegación o regional.
- Por otro lado, Chopra, Reinhardt y Dada (2004) y Chopra y Meindl (2008) establecen una forma de calcular el inventario de seguridad que toma como base una fórmula que es función de la demanda media y desviación estándar de la demanda en un tiempo dado, el *lead time* o tiempo de abastecimiento, y la desviación estándar del *lead time*, afectados por un factor que relaciona el nivel de servicio que se desea dar. Esta fórmula es la que se ha tomado como base para el cálculo del inventario de seguridad que se requiere en el punto de desacople de la cadena de suministro y para los almacenes de la red de distribución.
- Adicionalmente, para aplicar la metodología de planificación *lean* y *agile* se requiere que, en la línea de producción, se apliquen los conceptos del *lean manufacturing*, relacionados con la reducción de tiempos de cambio de formato, aplicación de los conceptos TPM (Total Productive Maintenance), reducción de tamaño de lote, mejoras de procesos (six sigma) y todos los conceptos *lean* necesarios para lograr una producción nivelada a bajo costo, descritos en este capítulo de la tesis.

CAPÍTULO 3

METODOLOGÍA DE PLANIFICACIÓN CON CONCEPTOS *LEAN* Y *AGILE*

A continuación, se explica la metodología de planificación con los conceptos *lean* y *agile* desarrollada, la simulación realizada con datos de ventas históricas reales, las validaciones realizadas a nivel experimental de laboratorio y a nivel de opiniones de grupo de expertos, y se cierra el capítulo con la validación de la metodología de investigación seguida mediante la aplicación del método Delphi.

Los conceptos aplicados para el diseño de la metodología son presentados y desarrollados en artículos y publicaciones de los autores ya mencionados en el capítulo dos de la tesis. Lo que se ha desarrollado en esta tesis es el estructurar estos conceptos dentro de un proceso lógico de cálculo y de toma de decisiones, plasmado en una metodología de planificación de la producción de líneas de envasado y planificación de la red de distribución, que, en un desarrollo futuro, se podría automatizar con ayuda de un *software* a crear.

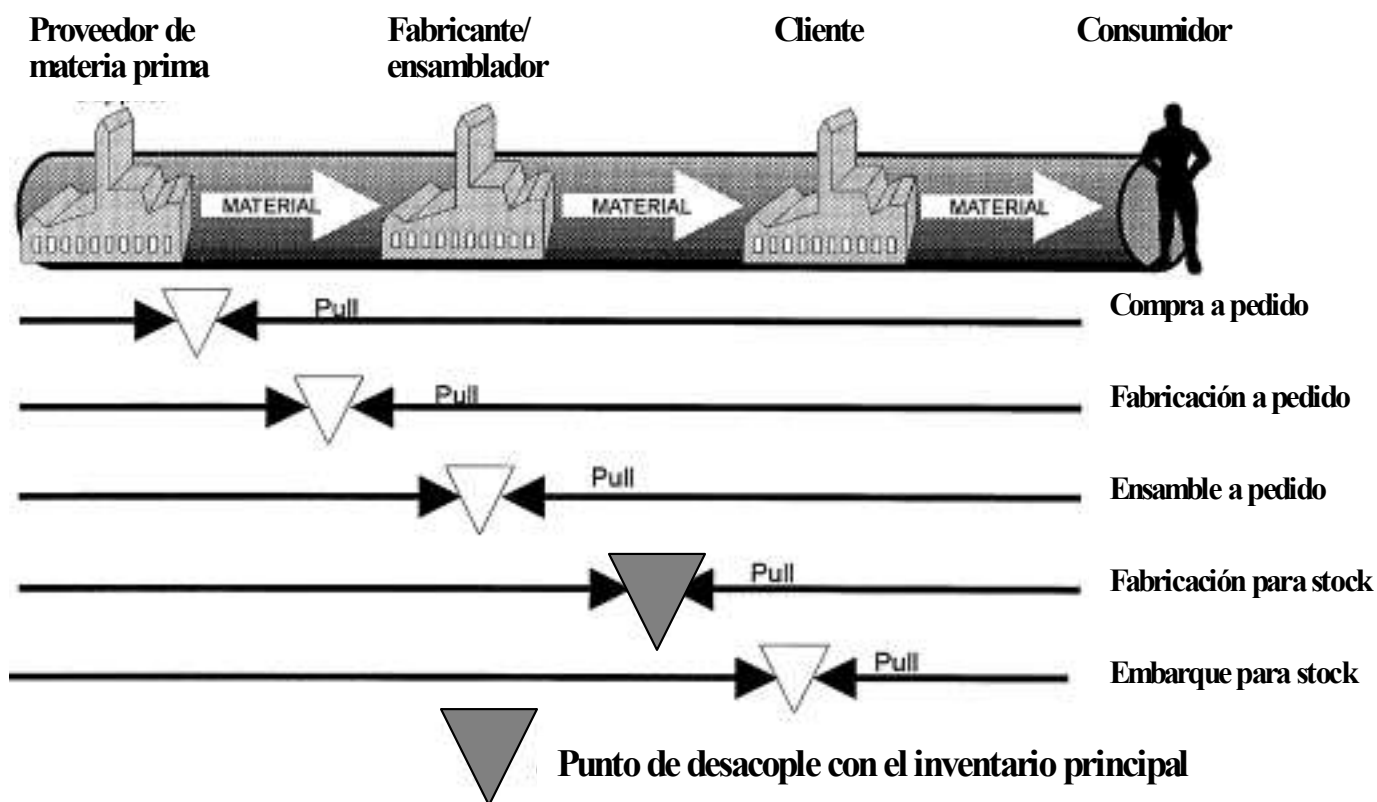
3.1 Descripción de la metodología de planificación

En el caso de la industria de consumo masivo de alimentos envasados, la producción se realiza para mantener un inventario que permita una rápida reacción a las variaciones del mercado. En este escenario, el punto de desacople se debe ubicar, según la Figura 10, en el almacén de productos terminados del fabricante. Para el caso de explicación de la metodología, este punto será el almacén central de regulación.

Este punto de desacople permitirá a la cadena de suministro trabajar bajo los conceptos *lean* de producción nivelada en las líneas de envasado y aplicar los conceptos *agile* en este punto y en los almacenes que conforman la red de distribución. Para efecto de la

planificación de la red de distribución, se aplicará el concepto *lean*, que plantea realizar los traslados al ritmo de la venta ocurrida en el almacén destino.

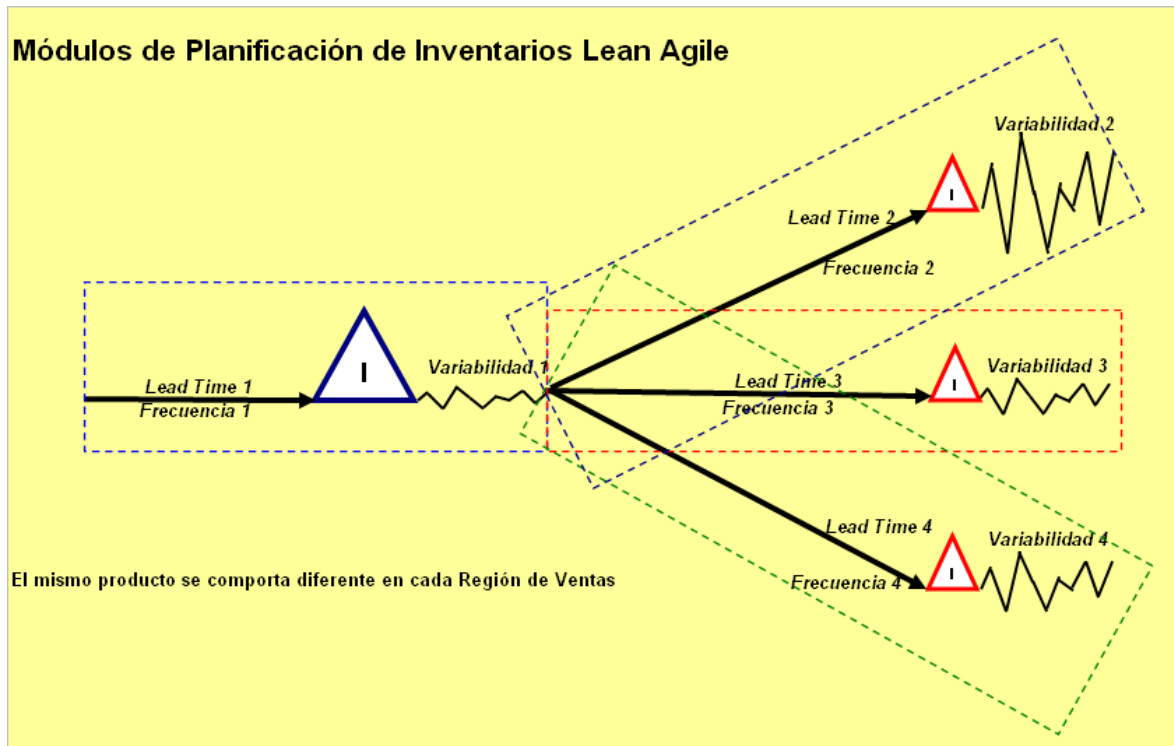
Figura 10: Ubicación del inventario principal en el punto de desacople de una cadena de suministro de consumo masivo de alimentos envasados



Fuente: elaboración propia a partir de Naylor, Naim y Berry (1999)

Con esta definición, la metodología de planificación *lean* y *agile* se inicia modulando la red de distribución de la cadena de suministro, tal como se muestra en la Figura 11. Cada módulo presenta una variabilidad de la demanda, un tiempo de abastecimiento (o *lead time*) y una frecuencia de abastecimiento diferente para cada caso.

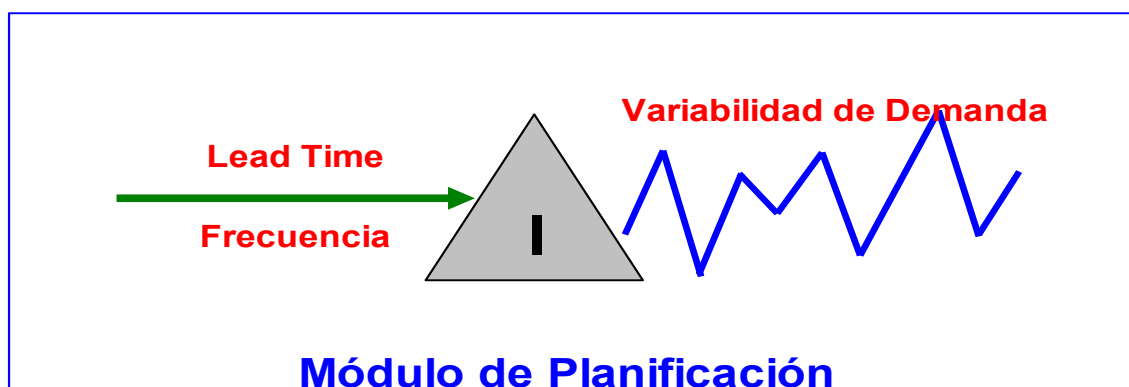
Figura 11: Modulación de la red de distribución de una cadena de suministro



Fuente: elaboración propia

En cada módulo, Figura 12, existe un almacén representado por un triángulo. Se deberá determinar el inventario de seguridad a ubicar en este que permita una operación confiable, fluida y segura en abastecimiento, que es afectado por la variabilidad de la demanda, el *lead time* de abastecimiento y la frecuencia o ciclo de abastecimiento presente en cada almacén.

Figura 12: Módulo de planificación



Fuente: elaboración propia

3.1.1 Planificación de la producción

La planificación de la producción de la línea de envasado que abastece a la red de distribución sigue los siguientes pasos para determinar el inventario de seguridad en el almacén de producto terminado del almacén central de regulación (ubicado en el punto de desacople):

- Con los datos históricos del total de las ventas medias mensuales de un producto (VmM) y el tamaño de lote mínimo de producción (Lmp), se determina el Número de veces por mes (N^oLM) que se produciría dicho lote. En otros términos:

$$N^oLM = VmM / Lmp$$

- Sobre la base de este resultado, se selecciona la frecuencia de planificación de la producción de la línea de envasado del producto analizado, utilizando para ello el Cuadro 8, donde se selecciona la frecuencia con que se debe planificar el producto:

Cuadro 8: Frecuencia de planificación

Rango de N° de lotes mínimos de producción por mes	Frecuencia de planificación
Mayor a 9 veces	Diaria
Entre 5 y 9 veces	Dos veces por semana
Menor a 5 veces	Semanal

Fuente: elaboración propia

- En caso la línea de producción de envasado no disponga de capacidad suficiente para producir (en el tiempo de ciclo de producción) el producto y los demás productos de la línea (en la frecuencia seleccionada), se deberá seleccionar la frecuencia inmediata superior hasta encontrar la frecuencia adecuada que cumpla con este requisito.

- Con el dato de frecuencia de planificación y la data histórica de ventas diarias del producto, se acumulan los volúmenes de ventas diarias totales por periodo (definido por la frecuencia de planificación seleccionada) y se determina la desviación estándar y el promedio de las ventas ocurridas en los periodos (diaria, dos veces por semana o semanal). A continuación, se presenta un ejemplo.

Cuadro 9: Ejemplo de agrupación por periodos o ciclos

Ventas acumuladas			
Día	Diaria	2 veces por semana	Semanal
1	7	18	32
2	5		
3	6		
4	3	14	
5	6		
6	5		
7			
8	2	13	30
9	7		
10	4		
11	9	17	
12	3		
13	5		
14			
15	7	18	38
16	3		
17	8		
18	9	20	
19	5		
20	6		
21			
22	7	22	41
23	6		
24	9		
25	3	19	
26	7		
27	9		
28			
29	4	17	33
30	5		
1	8		
2	3	16	
3	5		
4	8		
5			
Promedio	5.8	17.4	34.8
Desviación Estándar	2.1	2.7	4.5

Fuente: elaboración propia

- Luego, se aplica las siguientes fórmulas Chopra (2004 y 2008) para determinar el inventario de seguridad que asegurará el abastecimiento del producto a la red de distribución física:

$$\sigma_L = (LT * \sigma_d^2 + \sigma_{LT}^2 * Dm^2)^{0.5}$$

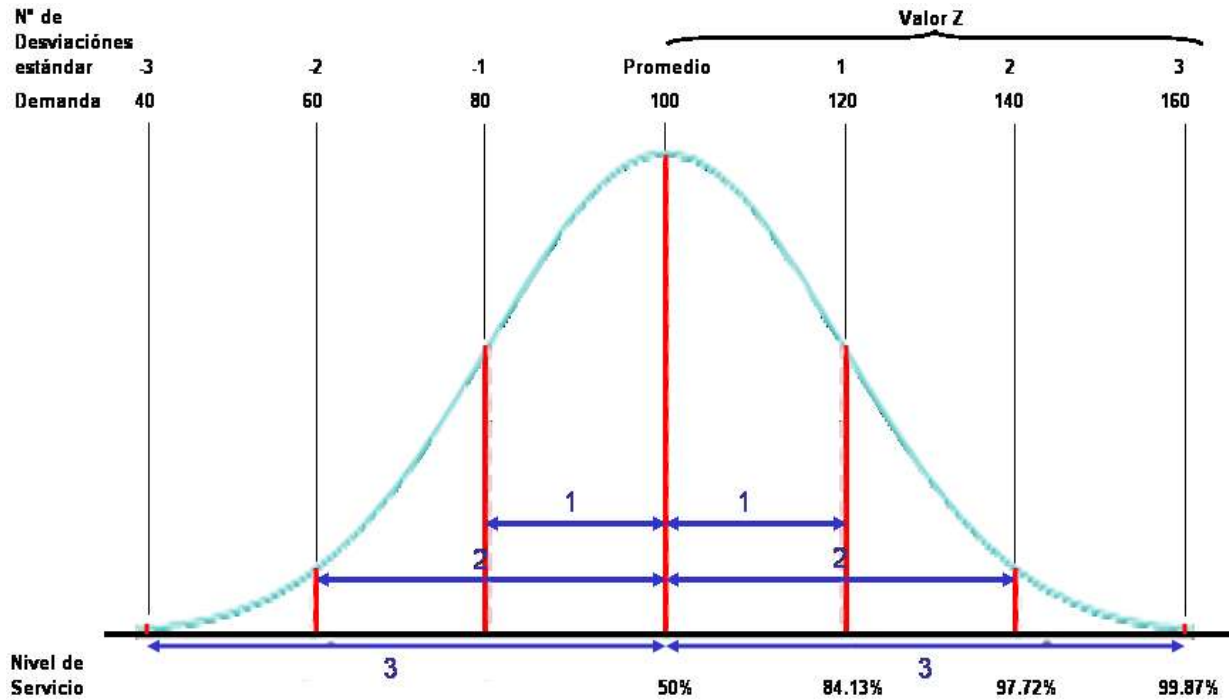
- Este inventario de seguridad permite acertar la demanda el 68% del tiempo. Es decir, una desviación estándar. Si se desea un mayor acierto, se utiliza la fórmula:

$$SS = Z * \sigma_L$$

Donde:

- SS *stock* o inventario de seguridad
- LT *lead time* o tiempo de ciclo de producción en unidades de la frecuencia de planificación seleccionada (diaria, dos veces por semana o semanal)
- σ_d desviación estándar de las ventas acumulada en la frecuencia de planificación seleccionada (diaria, dos veces por semana o semanal)
- σ_{LT} desviación estándar del *lead time* o ciclo de producción en unidades de la frecuencia de planificación seleccionada (diaria, dos veces por semana o semanal)
- Dm demanda promedio de las ventas acumuladas en la frecuencia de planificación seleccionada (diaria, dos veces por semana o semanal)
- Z Es el factor que toma en cuenta el nivel de servicio deseado y corresponde al número de desviaciones estándar que se determina al seleccionar el nivel de servicio (probabilidad de acierto) que se desea tener en los abastecimientos de productos desde el almacén que se analiza. En la Figura 13, se puede observar la representación estadística de este factor. Si se utiliza un cálculo con *Excel*, sería la función estadística.
- DISTR. NORM. ESTAND. INV (Probabilidad)
La “probabilidad” sería el nivel de servicio deseado.

Figura 13: Presentación estadística del valor Z según nivel de servicio deseado



Fuente: figura modificada a partir de Lambert y Stock 1993 en Gourdin 2006

- Definido el *stock* de seguridad, la planificación con frecuencia diaria de *lean agile* se basa en que la producción planificada para el día será igual a la venta real ocurrida durante el día anterior, siempre que esta venta supere el lote mínimo de producción. Si no supera el lote mínimo de producción y el nivel de inventario es menor a la suma del *stock* de seguridad (SS) más la mitad de la demanda promedio diaria (Dm), se planificará producir un lote mínimo. Si el nivel de inventario supera esta cantidad, no se planifica la producción del producto para ese día.
- En el caso de planificación con frecuencia de cada tres días (dos veces por semana), esta se basará en que la producción planificada para los tres días siguientes será igual a la venta real ocurrida durante los tres días anteriores, siempre que esta supere el lote mínimo de producción. Si no supera el lote mínimo

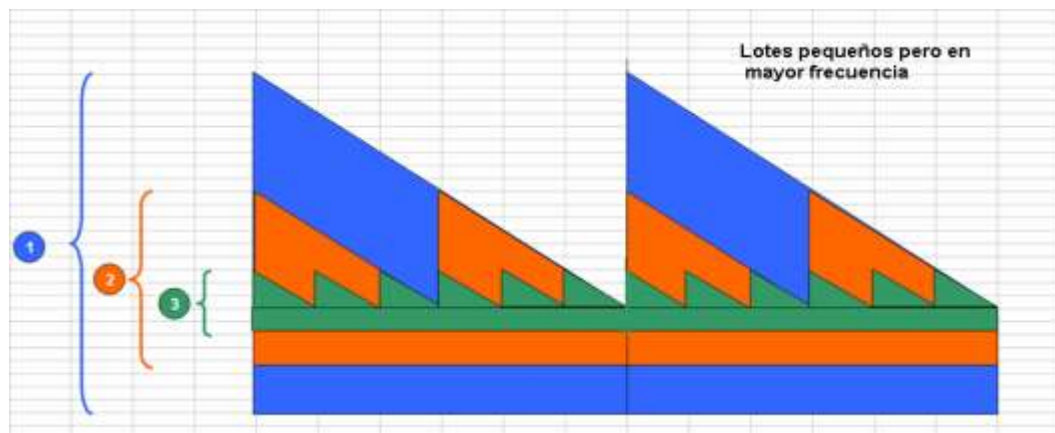
de producción y el nivel de inventario es menor a la suma del *stock* de seguridad (SS) más la mitad de la demanda promedio de los periodos de tres días (D_m), se planificará producir un lote mínimo. Si el nivel de inventario supera esta cantidad, no se planifica la producción del producto para los tres días siguientes.

- En el caso de planificación con frecuencia semanal, esta se basará en que la producción planificada para la semana será igual a la venta real ocurrida durante la semana anterior, siempre que esta venta supere el lote mínimo de producción. Si no supera el lote mínimo de producción y el nivel de inventario es menor a la suma del *stock* de seguridad (SS) más la mitad de la demanda promedio semanal (D_m), se planificará producir un lote mínimo. Si el nivel de inventario supera esta cantidad, no se planifica la producción del producto para la semana.
- Este proceso se seguirá en la planificación de la producción de la línea de envasado de cada día, cada tres días o semanas futuras.

3.1.2 Programación nivelada de la producción

En la programación de la producción de la línea de envasado, utilizando los conceptos *lean* y *agile*, se emplea el concepto *Heijunka*, en otras palabras, producción nivelada, que consiste en trabajar las líneas de producción con pequeños lotes de cada producto con una mayor frecuencia, como se muestra en la Figura 14.

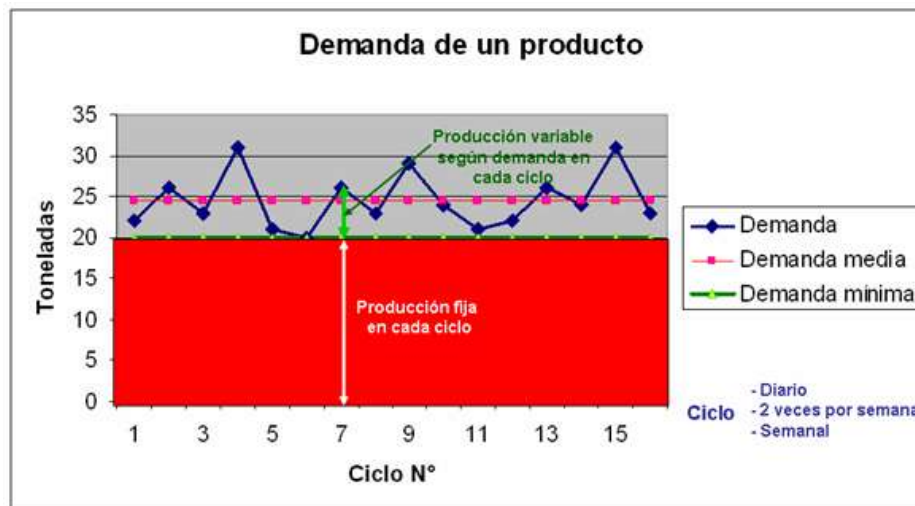
Figura 14: Efecto de la producción de lotes pequeños con mayor frecuencia



Fuente: elaboración propia

De este modo, la programación *Heijunka* se podrá aplicar a aquellos productos que deben producir el lote mínimo (Lmp), en más de una ocasión, durante el periodo planificado. Esta programación consistirá en establecer, para cada periodo, la programación de un volumen fijo y el resto requerido, con una programación variable de acuerdo con la planificación definida para el periodo. Para el caso de planificación en periodos de tres días, y para el caso de la planificación en periodo semanal, se podrá programar una parte de los lotes como fijos todas las semanas, y el resto de lotes se programará de acuerdo con las ventas ocurridas en cada periodo anterior al proceso de planificación seleccionado. En las Figura 14 y Figura 15, se muestra cómo se podría determinar los volúmenes fijos y los volúmenes variables, tomando en cuenta la data histórica de ventas, según los ciclos o periodos de producción seleccionados.

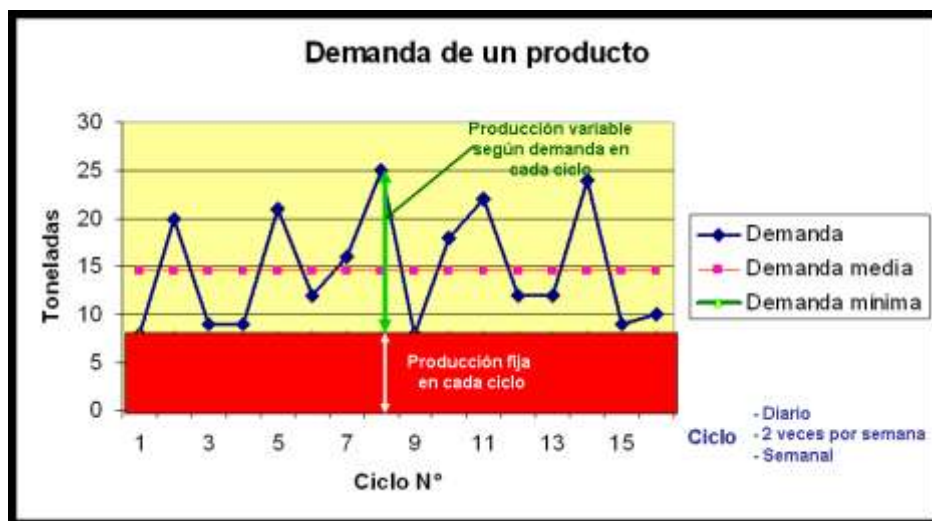
Figura 15: Ejemplo gráfico para determinar la producción fija y variable de un producto



Fuente: elaboración propia

En la Figura 16, se grafica otro caso, donde la variabilidad de la venta es mayor.

Figura 16: Ejemplo gráfico para determinar la producción fija y variable de un producto con mayor variabilidad de ventas



Fuente: Elaboración propia

La programación *Heijunka* de una línea de producción se puede esquematizar, como se muestra en la Figura 17, cuando se presentan varios casos de frecuencia de producción. Se entiende que la secuencia de la programación de la línea de producción se realizará buscando cumplir el programa planificado, pero en una forma eficiente y de bajo costo:

Figura 17: Programación de producción Heijunka en línea con siete productos

Producto	Lunes	martes	miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Frecuencia Planeamiento
A	Red	Green	Green	Red	Green	Green	Yellow	Cada 3 días
B	Green	Red	Red	Green	Red	Red	Yellow	Cada 3 días
C	Green	Green	Red	Red	Red	Green	Yellow	Semanal
D	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Yellow	Diario
E	Red	Red	Red	Green	Green	Green	Yellow	Semanal
F	Red	Green	Red	Green	Green	Green	Yellow	Semanal
G	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Yellow	Diario

Red	Programación Fija
Green	Programación reservada para cubrir demanda
Orange	Programación Fija ajustada a venta día anterior

Fuente: elaboración propia

En resumen, la ventaja de la programación nivelada radica en la reducción de los tamaños de lotes de producción y el aumento de la frecuencia de producción, con lo cual se reducen los *lead time* de abastecimiento. Finalmente, cuando se tienen productos con variabilidades muy altas, será difícil poder fijar un volumen fijo de producción; por lo tanto, en ese caso, las programaciones de producción serán cien por ciento variables.

3.1.3 Planificación de la distribución

La red de distribución está definida por un almacén central de regulación y los almacenes de delegación ubicados en diferentes regiones, que pueden ser propios, rentados (de un operador logístico o, también, de clientes directos) o que tienen delegada la comercialización de los productos a los diferentes canales de comercialización. Para que funcione la metodología y la aplicación de los conceptos *lean* y *agile*, todos los almacenes tendrían que estar integrados, tecnológicamente, con la empresa que gestiona la planificación de la cadena de suministro.

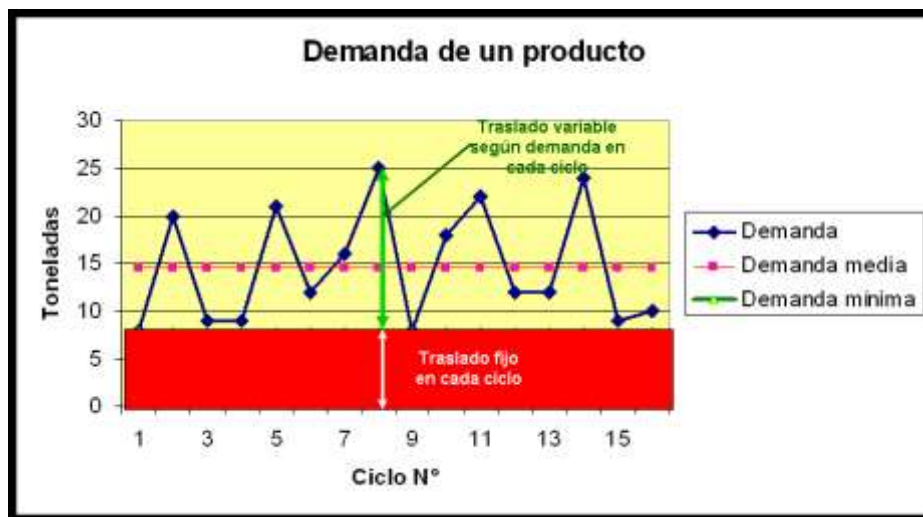
Para planificar la red de distribución de una cadena de suministro *lean agile*, se procede de forma similar a la planificación de la producción descrita en este capítulo, como se explica a continuación:

- Primero, se define la frecuencia de traslados desde el almacén central hasta el almacén regional. Esta frecuencia, dentro de un escenario *lean agile*, debería ser diaria, con transporte de carga consolidada con otros productos propios o con productos de terceros, ya sea por disponer de volúmenes suficientes para realizar un transporte propio o rentado, o por contar con los servicios de un operador logístico que haga esto posible.
- En caso de que esto no sea posible, se tomará como dato la frecuencia de transporte que se pueda lograr dentro de una gestión de distribución eficiente. La planificación de la distribución tomará este dato para programar los traslados entre los almacenes de la red de distribución.

- Con la frecuencia de planificación, el *lead time* o tiempo de traslado entre almacenes, la desviación estándar del *lead time*, la demanda media de la región y la desviación estándar de la demanda de la región, se calcula el inventario o *stock* de seguridad, de forma similar a lo explicado en la planificación de la producción.
- Para el caso de frecuencia diaria, condición óptima para aplicar los conceptos *lean agile*, la planificación de la distribución se basa en que el traslado entre almacenes planificado para el día será igual al volumen de venta real ocurrida durante el día anterior en la región del almacén destino. Para el caso de una frecuencia diferente, la planificación del traslado para el periodo de tiempo definido por la frecuencia será igual al volumen de venta real ocurrida durante el periodo anterior.
- Este proceso se seguirá en la planificación de la distribución de los periodos de traslados futuros.

La programación de los traslados, utilizando los conceptos *lean* y *agile*, se podrá realizar utilizando, también, el concepto *Heijunka*. Por otro lado, al igual que en el caso del almacén central de regulación, en las regiones, se tiene la historia de las ventas diarias y, en función de las mismas, se puede programar el transporte con volúmenes fijos y volúmenes variables. En la Figura 18, se muestra cómo se podría determinar la programación del transporte, tomando en cuenta la data histórica de ventas según ciclos o periodos de traslado definidos.

Figura 18: Ejemplo gráfico para determinar los traslados fijos y variables de un producto



Fuente: elaboración propia

La programación del transporte para el traslado se podrá realizar, utilizando los conceptos *Heijunka*, determinando el número de camiones con carga consolidada de varios productos que se tendrán que despachar todos los días o en el ciclo que se determine. En la programación del transporte, será importante cargar los camiones en forma eficiente y, si fuese necesario, completar carga con los productos que presentan, históricamente, mayor demanda. En la Figura 19, se muestra un ejemplo de esto.

Figura 19: Ejemplo gráfico de programación Heijunka en transporte

N° de Camiones	Lunes	martes	miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Frecuencia Planeamiento
1								Diario
2								
3								
4								
5								
6								
1								2 veces por semana
2								
3								
4								
5								

■ Programación Fija
■ Programación reservada para cubrir demanda

Fuente: elaboración propia

La ventaja de aplicar los conceptos *Heijunka* en la programación del transporte radica en reducir los tamaños de lotes de envío de cada producto y realizar el transporte de estos con una mayor frecuencia, pero en forma consolidada con otros productos que se requieran enviar a la región, buscando la eficiencia y el bajo costo.

3.2 Fuentes de información y recopilación de datos

Para poder simular la metodología desarrollada se optó por tomar como muestra la información real de ventas diarias de diferentes productos de consumo masivo de alimentos envasados, en vez de tratar de realizar una simulación con datos aleatorios generados por un sistema. Esta decisión se fundamenta en que, con datos reales, los productos simulados presentaron su real comportamiento en el mercado, donde están afectados a las promociones propias de la empresa o de la competencia, a las variaciones de precios del mercado, a los hábitos de ventas y a diversas situaciones reales del mercado.

Es así que se logró recopilar, en forma no probabilística, data histórica de ventas diarias de productos de negocios de consumo masivo de alimento envasados, que, por razones de confidencialidad de las empresas que proporcionaron la información, en las tablas, son

referidas como “Categorías” o “Producto”. Esta data corresponde al año 2007 y registra la venta diaria de 165 productos, ocurrida en una red de distribución, aplicadas a nivel nacional y cuatro regiones. Con esta data, ha sido posible simular la metodología de planificación *lean agile*, a nivel de laboratorio, en 825 cadenas de suministros diferentes.

Es necesario indicar que las regiones presentadas en la data no necesariamente corresponden a la indicada en otra “Categoría”, pese a que los *lead time*, o tiempo de abastecimiento de las regiones, sean iguales. En el caso de los datos de las ventas registrados como nacional, estos corresponden a los datos de salida por ventas o traslados a los almacenes regionales desde el almacén central de productos terminados, ubicado cerca de las plantas de producción

Esta misma información, complementada con data de pronóstico de ventas, fue la tomada para simular la planificación tradicional, basada en pronósticos de planes de ventas con producciones y despachos a almacenes regionales o clientes en grandes lotes semanales. En la simulación de este escenario, se consideró el hábito de planificar la producción y los traslados a los almacenes regionales, bajo el supuesto que el pronóstico del plan de ventas en cada región y a nivel nacional se va a cumplir al 100%. En este escenario, es usual dividir el plan mensual de producción o traslados en partes iguales por semana, haciendo las producciones y traslados de cada semana en una sola “corrida” u “oportunidad”.

Para realizar la investigación cualitativa de la aplicación de la metodología de planificación y de los conceptos *lean* y *agile* en las industrias de consumo masivo de alimentos envasados, se tomó como muestra 6 casos de empresas de consumo masivo de alimentos envasados del Perú, ubicadas entre las 30 más grandes en ventas. En ellas, se logró la participación de 25 profesionales que trabajan en las áreas de cadena de suministro. Estas empresas se muestran en el siguiente cuadro:

Cuadro 10: Empresas Top en la industria de alimentos envasados del Perú

Ranking por categoría	Ranking a nivel Empresa	Empresa	Ingresos totales 2007 Miles US\$	% con respecto al total de las 30 empresas	N° de Profesionales entrevistados	Experiencia con Implantación Lean agile
1	18	Alicorp SAA	800,831	28%	13	4 líneas de Producción
2	24	Gloria SA	615,091	22%	8	ninguna
3	57	Nestle Perú SA	285,327	10%	1	ninguna en Perú
6	205	Molinera Inca	79,515	3%	1	ninguna
11	345	Industrias del Espino	48,271	2%	1	ninguna
14	384	Cia Nacional de Chocolates	43,783	2%	1	ninguna
Fuente: Datos Extraídos del Libro Perú: The Top 10,000 companies 2009, pag 550-551			Total	1,872,818	66%	25
			Total 30 primeras empresas	2,842,039		

Fuente: elaboración propia a partir de Peru: Top Publication SAC 2009

Como se puede observar a partir de la data recopilada de estas empresas, la experiencia en la implantación de los conceptos *lean* y *agile* en la cadena de suministro de alimentos envasados, prácticamente, es nula y solo una de las empresas tiene proyectos pilotos con estas aplicaciones centrados en líneas de producción, mas no en la red de distribución. La transnacional Nestlé solo tiene un proyecto piloto en una de sus plantas en Brasil.

Adicionalmente, se entrevistó a 8 profesionales que trabajan en empresas líderes en el negocio de bebidas del Perú (el caso de Corporación Lindey S.A.) y a un líder en la fabricación, como tercero, en las líneas de cuidado personal y cosméticos (Yobel Supply Chain S.A.), a fin de obtener opiniones complementarias para evaluar la posibilidad de aplicar la metodología desarrollada en otros tipos de negocios de consumo masivo.

3.3 Simulación de la metodología *lean agile*

Como parte del diseño de la metodología de planificación *lean agile* se recopiló la información según la estructura de la data que se muestra en la tabla siguiente; en ella, se puede observar la venta diaria a nivel nacional y a nivel regiones para cada categoría de producto en un periodo de nueve meses.

Cuadro 11: Data recopilada de venta diaria histórica de productos de consumo masivo de alimentos envasados

DATA DE VENTA DIARIA HISTORICA DE PRODUCTOS DE CONSUMO MASIVO DE ALIMENTOS ENVASADOS

Región	Producto AI																									Producto BI																									Producto CI																									Producto DI																									Producto KI																									Producto LI																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
	09.04.2007																									10.04.2007																									11.04.2007																									12.04.2007																									13.04.2007																									14.04.2007																									15.04.2007																									16.04.2007																									17.04.2007																									18.04.2007																									19.04.2007																									20.04.2007																									21.04.2007																									22.04.2007																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
	08.82																									0.455																									0.526																									0.782																									0.583																									0.407																									0.859																									0.937																									0.431																									0.485																									0.154																									0.412																									0.701																									0.846																									0.622																									0.528																									0.959																									0.448																									0.486																									0.258																									0.340																									0.276																									0.359																									0.344																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
	1																									0.202																									0.122																									0.260																									0.110																									0.362																									0.061																									0.032																									0.414																									0.209																									0.078																									0.037																									0.164																									0.098																									0.039																									0.365																									0.193																									0.368																									0.298																									0.240																									0.060																									0.042																									0.224																									0.292																									0.010																									0.330																									0.145																									0.094																									0.180																									0.012																									0.086																									0.780																									0.124																									0.026																									0.074																									0.037																									0.205																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
	2																									0.168																									0.080																									0.073																									0.064																									0.095																									0.139																									0.534																									0.091																									0.074																									0.082																									0.043																									0.067																									0.090																									0.123																									0.053																									0.042																									0.157																									0.042																									0.126																									0.054																									0.042																									0.016																									0.031																									0.092																									0.020																									0.035																									0.042																									0.030																									0.030																									0.055																									0.056																									0.074																									0.133																									0.023																									0.186																									0.020																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
3																									0.011																									0.011																									0.062																									0.080																									0.001																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	

Fuente: elaboración propia

Con la información de la venta nacional, la data de lote mínimo de producción y el promedio de venta mensual de cada producto (y la ayuda de tablas Excel),⁶ se determinó la frecuencia de planificación de la línea de producción de cada producto. Por otra parte, para la simulación de la planificación de la producción de la línea de envasado, se tomaron los datos de ventas a nivel nacional y se procedió a calcular el stock de seguridad (SS), con el dato del *lead time*, una desviación estándar del *lead time* asumida, los cálculos de la venta promedio y la desviación estándar, en la forma definida por la metodología de planificación *lean agile*.

Como se podrá observar en la tabla modelo, el inventario inicial con que se inicia la simulación en cada almacén es el inventario de seguridad calculado para el periodo analizado. A este, se le agrega un ingreso según la metodología de planificación descrita, se le resta la salida (es decir, la venta) y se obtiene como resultado el inventario o *stock* en el almacén al final del día, que será el inventario o *stock* inicial del día siguiente.

Para el caso de la planificación de la distribución a los almacenes de las regiones, se procedió de igual forma, con la diferencia que, en estos casos, la frecuencia de reabastecimiento es diaria y los tiempos de traslados a cada almacén, *lean time*, son los indicados en la tabla.

Los resultados de la simulación presentan los inventarios promedio para el periodo junio – diciembre y el número de días en ese periodo, durante los cuales el inventario fue negativo, es decir, hubo quiebre o falta de inventario. Se hace notar que solo se tomó el periodo junio – diciembre a fin de considerar como historia las ventas de abril y mayo.

Cuadro 12: Simulación de metodología de planificación *lean agile*

⁶ En el Anexo 3, se adjunta el CD con el archivo Excel de la simulación realizada para las seis categorías evaluadas con la metodología *lean agile* con data real.

3.4 Simulación de la metodología de planificación tradicional

La metodología de planificación tradicional está basada en los pronósticos de los planes de ventas de cada producto a nivel nacional y regional, con lo cual la planificación de la producción y distribución se realiza bajo la premisa que los planes de ventas se van a cumplir al ciento por ciento. Sin embargo, esta situación no ocurre normalmente, pues los errores de pronósticos, a nivel producto nacional, a un mes vista, se encuentran en un promedio del 27% y, a nivel regional, los errores pueden ser mayores, porque se puede tener mayor variabilidad de la demanda.

Adicionalmente, la planificación de la producción se realiza en lotes grandes, que, normalmente, se planifican dividiendo el plan de producción entre las cuatro semanas del mes y la producción se realiza normalmente en una sola “corrida” cada semana. Esta modalidad de trabajo busca economías de escala, al reducir el número de cambios de formato y lograr eficiencias en la línea de producción, a costa de inventarios en los almacenes de productos terminados. En el caso de la planificación de la distribución tradicional, esta se realiza en forma similar a la de la producción, pues lo que se busca es trasladar los productos, dividiendo, también, el plan de traslados del mes entre las cuatro semanas y trasladando, a inicio de semana, los volúmenes requeridos para la venta plan semanal.

Con base en esta metodología, y utilizando la misma data recopilada para cada negocio o “categoría”, se realizó la simulación,⁷ a fin de determinar los inventarios promedio y el número de quiebres (o falta de inventarios) para, luego, comparar estos resultados con los obtenidos al aplicar la metodología de planificación *lean agile*.

En este caso, para realizar los pronósticos de la demanda de junio, se utilizó la data de ventas reales de los meses de abril y mayo, y, para el resto de meses, los datos de ventas reales de los tres últimos meses. Para el pronóstico de la demanda, se empleó el método de regresión lineal simple, Hanke y Wichern (2006).

⁷ En el Anexo 4, se adjunta el CD con el archivo Excel de la simulación realizada para las seis categorías evaluadas con la metodología tradicional con data real.

Promedio de ventas:

$$bo = \frac{\sum Y}{n}$$

Fórmula de la pendiente:

$$b1 = \frac{n \sum XY - \sum X \sum Y}{n \sum X^2 - (\sum X)^2}$$

Ecuación de regresión ajustada:

$$\hat{Y} = bo - b1$$

En la tabla siguiente, se puede observar el resultado obtenido para el mismo producto simulado anteriormente con la metodología de planificación *lean agile*. En este, se puede observar los pronósticos logrados y la forma en que se planifica la producción mensual, que consiste en hacer una suma aritmética del volumen de pronóstico del mes más la diferencia aritmética entre el plan de ventas del mes anterior menos el volumen real vendido, esto con el objetivo de mantener un nivel de inventario adecuado con el inicio del mes. Este plan se divide en cuatro partes iguales por mes, tanto para la producción como para la distribución.

Al igual que la metodología de planificación *lean agile*, los resultados de inventario promedio y número de días de quiebre (o falta de inventario o inventario negativo) son las variables por evaluar para comparar ambas metodologías.

Cuadro 13: Simulación de metodología de planificación tradicional

Fuente: elaboración propia

Categoría I		Producto A1		Región		SIMULACIÓN DE METODOLOGÍA DE PLANIFICACIÓN TRADICIONAL																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
						04.06.2007		05.06.2007		06.06.2007		07.06.2007		08.06.2007		09.06.2007		11.06.2007		12.06.2007		13.06.2007		14.06.2007		15.06.2007		16.06.2007		17.06.2007		18.06.2007		19.06.2007		20.06.2007		21.06.2007		22.06.2007		23.06.2007		24.06.2007		25.06.2007		26.06.2007		27.06.2007		28.06.2007		29.06.2007		30.06.2007		31.06.2007		32.06.2007		33.06.2007		34.06.2007		35.06.2007		36.06.2007		37.06.2007		38.06.2007		39.06.2007		40.06.2007		41.06.2007		42.06.2007		43.06.2007		44.06.2007		45.06.2007		46.06.2007		47.06.2007		48.06.2007		49.06.2007		50.06.2007		51.06.2007		52.06.2007		53.06.2007		54.06.2007		55.06.2007		56.06.2007		57.06.2007		58.06.2007		59.06.2007		60.06.2007		61.06.2007		62.06.2007		63.06.2007		64.06.2007		65.06.2007		66.06.2007		67.06.2007		68.06.2007		69.06.2007		70.06.2007		71.06.2007		72.06.2007		73.06.2007		74.06.2007		75.06.2007		76.06.2007		77.06.2007		78.06.2007		79.06.2007		80.06.2007		81.06.2007		82.06.2007		83.06.2007		84.06.2007		85.06.2007		86.06.2007		87.06.2007		88.06.2007		89.06.2007		90.06.2007		91.06.2007		92.06.2007		93.06.2007		94.06.2007		95.06.2007		96.06.2007		97.06.2007		98.06.2007		99.06.2007		100.06.2007		101.06.2007		102.06.2007		103.06.2007		104.06.2007		105.06.2007		106.06.2007		107.06.2007		108.06.2007		109.06.2007		110.06.2007		111.06.2007		112.06.2007		113.06.2007		114.06.2007		115.06.2007		116.06.2007		117.06.2007		118.06.2007		119.06.2007		120.06.2007		121.06.2007		122.06.2007		123.06.2007		124.06.2007		125.06.2007		126.06.2007		127.06.2007		128.06.2007		129.06.2007		130.06.2007		131.06.2007		132.06.2007		133.06.2007		134.06.2007		135.06.2007		136.06.2007		137.06.2007		138.06.2007		139.06.2007		140.06.2007		141.06.2007		142.06.2007		143.06.2007		144.06.2007		145.06.2007		146.06.2007		147.06.2007		148.06.2007		149.06.2007		150.06.2007		151.06.2007		152.06.2007		153.06.2007		154.06.2007		155.06.2007		156.06.2007		157.06.2007		158.06.2007		159.06.2007		160.06.2007		161.06.2007		162.06.2007		163.06.2007		164.06.2007		165.06.2007		166.06.2007		167.06.2007		168.06.2007		169.06.2007		170.06.2007		171.06.2007		172.06.2007		173.06.2007		174.06.2007		175.06.2007		176.06.2007		177.06.2007		178.06.2007		179.06.2007		180.06.2007		181.06.2007		182.06.2007		183.06.2007		184.06.2007		185.06.2007		186.06.2007		187.06.2007		188.06.2007		189.06.2007		190.06.2007		191.06.2007		192.06.2007		193.06.2007		194.06.2007		195.06.2007		196.06.2007		197.06.2007		198.06.2007		199.06.2007		200.06.2007		201.06.2007		202.06.2007		203.06.2007		204.06.2007		205.06.2007		206.06.2007		207.06.2007		208.06.2007		209.06.2007		210.06.2007		211.06.2007		212.06.2007		213.06.2007		214.06.2007		215.06.2007		216.06.2007		217.06.2007		218.06.2007		219.06.2007		220.06.2007		221.06.2007		222.06.2007		223.06.2007		224.06.2007		225.06.2007		226.06.2007		227.06.2007		228.06.2007		229.06.2007		230.06.2007		231.06.2007		232.06.2007		233.06.2007		234.06.2007		235.06.2007		236.06.2007		237.06.2007		238.06.2007		239.06.2007		240.06.2007		241.06.2007		242.06.2007		243.06.2007		244.06.2007		245.06.2007		246.06.2007		247.06.2007		248.06.2007		249.06.2007		250.06.2007		251.06.2007		252.06.2007		253.06.2007		254.06.2007		255.06.2007		256.06.2007		257.06.2007		258.06.2007		259.06.2007		260.06.2007		261.06.2007		262.06.2007		263.06.2007		264.06.2007		265.06.2007		266.06.2007		267.06.2007		268.06.2007		269.06.2007		270.06.2007		271.06.2007		272.06.2007		273.06.2007		274.06.2007		275.06.2007		276.06.2007		277.06.2007		278.06.2007		279.06.2007		280.06.2007		281.06.2007		282.06.2007		283.06.2007		284.06.2007		285.06.2007		286.06.2007		287.06.2007		288.06.2007		289.06.2007		290.06.2007		291.06.2007		292.06.2007		293.06.2007		294.06.2007		295.06.2007		296.06.2007		297.06.2007		298.06.2007		299.06.2007		300.06.2007		301.06.2007		302.06.2007		303.06.2007		304.06.2007		305.06.2007		306.06.2007		307.06.2007		308.06.2007		309.06.2007		310.06.2007		311.06.2007		312.06.2007		313.06.2007		314.06.2007		315.06.2007		316.06.2007		317.06.2007		318.06.2007		319.06.2007		320.06.2007		321.06.2007		322.06.2007		323.06.2007		324.06.2007		325.06.2007		326.06.2007		327.06.2007		328.06.2007		329.06.2007		330.06.2007		331.06.2007		332.06.2007		333.06.2007		334.06.2007		335.06.2007		336.06.2007		337.06.2007		338.06.2007		339.06.2007		340.06.2007		341.06.2007		342.06.2007		343.06.2007		344.06.2007		345.06.2007		346.06.2007		347.06.2007		348.06.2007		349.06.2007		350.06.2007		351.06.2007		352.06.2007		353.06.2007		354.06.2007		355.06.2007		356.06.2007		357.06.2007		358.06.2007		359.06.2007		360.06.2007		361.06.2007		362.06.2007		363.06.2007		364.06.2007		365.06.2007		366.06.2007		367.06.2007		368.06.2007		369.06.2007		370.06.2007		371.06.2007		372.06.2007		373.06.2007		374.06.2007		375.06.2007		376.06.2007		377.06.2007		378.06.2007		379.06.2007		380.06.2007		381.06.2007		382.06.2007		383.06.2007		384.06.2007		385.06.2007		386.06.2007		387.06.2007		388.06.2007		389.06.2007		390.06.2007		391.06.2007		392.06.2007		393.06.2007		394.06.2007		395.06.2007		396.06.2007		397.06.2007		398.06.2007		399.06.2007		400.06.2007		401.06.2007		402.06.2007		403.06.2007		404.06.2007		405.06.2007		406.06.2007		407.06.2007		408.06.2007		409.06.2007		410.06.2007		411.06.2007		412.06.2007		413.06.2007		414.06.2007		415.06.2007		416.06.2007		417.06.2007		418.06.2007		419.06.2007		420.06.2007		421.06.2007		422.06.2007		423.06.2007		424.06.2007		425.06.2007		426.06.2007		427.06.2007		428.06.2007		429.06.2007		430.06.2007		431.06.2007		432.06.2007		433.06.2007		434.06.2007		435.06.2007		436.06.2007		437.06.2007		438.06.2007		439.06.2007		440.06.2007		441.06.2007		442.06.2007		443.06.2007		444.06.2007		445.06.2007		446.06.2007		447.06.2007		448.06.2007		449.06.2007		450.06.2007		451.06.2007		452.06.2007		453.06.2007		454.06.2007		455.06.2007		456.06.2007		457.06.2007		458.06.2007		459.06.2007		460.06.2007		461.06.2007		462.06.2007		463.06.2007		464.06.2007		465.06.2007		466.06.2007		467.06.2007		468.06.2007		469.06.2007		470.06.2007		471.06.2007		472.06.2007		473.06.2007		474.06.2007		475.06.2007		476.06.2007		477.06.2007		478.06.2007		479.06.2007		480.06.2007		481.06.2007		482.06.2007		483.06.2007		484.06.2007		485.06.2007		486.06.2007		487.06.2007		488.06.2007		489.06.2007		490.06.2007		491.06.2007		492.06.2007		493.06.2007		494.06.2007		495.06.2007		496.06.2007		497.06.2007		498.06.2007		499.06.2007		500.06.2007		501.06.2007		502.06.2007		503.06.2007		504.06.2007		505.06.2007		506.06.2007		507.06.2007		508.06.2007		509.06.2007		510.06.2007		511.06.2007		512.06.2007		513.06.2007		514.06.2007		515.06.2007		516.06.2007		517.06.2007		518.06.2007		519.06.2007		520.06.2007		521.06.2007		522.06.2007		523.06.2007		524.06.2007		525.06.2007		526.06.2007		527.06.2007		528.06.2007		529.06.2007		530.06.2007		531.06.2007		532.06.2007		533.06.2007		534.06.2007		535.06.2007		536.06.2007		537.06.2007		538.06.2007		539.06.2007		540.06.2007		541.06.2007		542.06.2007		543.06.2007		544.06.2007		545.06.2007		546.06.2007		547.06.2007		548.06.2007		549.06.2007		550.06.2007		551.06.2007		552.06.2007		553.06.2007		554.06.2007		555.06.2007		556.06.2007		557.06.2007		558.06.2007		559.06.2007		560.06.2007		561.06.2007		562.06.2007		563.06.2007		564.06.2007		565.06.2007		566.06.2007		567.06.2007		568.06.2007		569.06.2007		570.06.2007		571.06.2007		572.06.2007		573.06.2007		574.06.2007		575.06.2007		576.06.2007		577.06.2007		578.06.2007		579.06.2007		580.06.2007		581.06.2007		582.06.2007		583.06.2007		584.06.2007		585.06.2007		586.06.2007		587.06.2007		588.06.2007		589.06.2007		590.06.2007		591.06.2007		592.06.2007		593.06.2007		594.06.2007		595.06.2007		596.06.2007		597.06.2007		598.06.2007		599.06.2007		600.06.2007		601.06.2007		602.06.2007		603.06.2007		604.06.2007		605.06.2007		606.06.2007		607.06.2007		608.06.2007		609.06.2007		610.06.2007		611.06.2007		612.06.2007		613.06.2007		614.06.2007		615.06.2007		616.06.2007		617.06.2007		618.06.2007		619.06.2007		620.06.2007		621.06.2007		622.06.2007		623.06.2007		624.06.2007		625.06.2007		626.06.2007		627.06.2007		628.06.2007		629.06.2007		630.06.2007		631.06.2007		632.06.2007		633.06.2007		634.06.2007		635.06.2007		636.06.2007		637.06.2007		638.06.2007		639.06.2007		640.06.2007		641.06.2007		642.06.2007		643.06.2007		644.06.2007		645.06.2007		646.06.2007		647.06.2007		648.06.2007		649.06.2007		650.06.2007		651.06.2007		652.06.2007		653.06.2007		654.06.2007		655.06.2007	

CAPÍTULO 4

RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

Luego de simular las metodologías de planificación *lean agile* y la metodología de planificación tradicional con la data histórica de 165 productos aplicada a nivel nacional (es decir, al almacén central y a cuatro regiones), se obtuvo los datos que se muestra en las tablas siguientes.

En estas tablas, se puede observar la categoría del negocio (nivel nacional o regional), la variabilidad de la demanda diaria de cada producto a los niveles indicados (definida como la desviación estándar de las ventas diaria sobre la venta media diaria y expresada en porcentaje), los niveles de inventarios medios alcanzados con cada metodología de planificación simulada (denominando *lean* a la metodología basada en los conceptos *lean* y *agile*, y “Plan” a la metodología tradicional basada en plan de ventas), la relación porcentual de los inventarios al comparar la metodología tradicional con respecto a la metodología *lean agile*, el número de quiebres (o falta de inventario) ocurridos en la simulación para cada metodología y la diferencia de quiebres entre ambas.

Estos resultados han sido la base de comparación para realizar la evaluación cuantitativa previa de la metodología de planificación *lean agile*.

Cuadro 14: Resultados comparativos de metodologías de planificación

1			Categoría I			Categoría I		
CATEGORÍA I	NIVEL	Variabilidad de Demanda	Inventario Promedio			Quiebre Inventario		
			Lean	Plan	%	Lean	Plan	Dif
Producto AI	Total Nacional	77%	7.376	11.322	153.5%	0	0	0
	Región 1	95%	0.774	4.019	519.0%	1	0	-1
	Región 2	104%	0.657	1.773	269.8%	0	0	0
	Región 3	347%	0.220	0.260	118.3%	6	6	0
	Región 4	124%	0.980	6.358	649.1%	2	0	-2
Producto BI	Total Nacional	45%	11.355	63.486	559.1%	0	0	0
	Región 1	63%	0.647	3.796	586.5%	4	0	-4
	Región 2	64%	1.766	4.716	267.0%	0	0	0
	Región 3	91%	1.077	1.519	141.1%	0	0	0
	Región 4	50%	8.713	54.311	623.4%	0	0	0
Producto CI	Total Nacional	44%	12.967	74.482	574.4%	0	0	0
	Región 1	191%	0.177	0.709	401.2%	3	0	-3
	Región 2	65%	1.195	4.290	359.0%	0	0	0
	Región 3	75%	3.947	6.885	174.4%	0	0	0
	Región 4	49%	10.894	63.668	584.4%	0	0	0
Producto DI	Total Nacional	74%	5.649	7.139	126.4%	0	0	0
	Región 1	138%	0.518	2.290	442.3%	3	0	-3
	Región 2	103%	0.491	1.393	283.8%	0	0	0
	Región 3	123%	0.208	0.345	165.9%	3	8	5
	Región 4	108%	0.665	3.682	553.7%	3	0	-3
Producto EI	Total Nacional	61%	4.472	4.548	101.7%	0	0	0
	Región 1	145%	0.085	0.226	267.6%	4	2	-2
	Región 2	171%	0.118	0.250	212.4%	2	6	4
	Región 3	119%	0.296	0.414	140.0%	0	0	0
	Región 4	66%	0.758	3.859	509.1%	0	0	0
Producto FI	Total Nacional	60%	4.215	4.345	103.1%	0	0	0
	Región 1	137%	0.074	0.211	284.2%	0	0	0
	Región 2	84%	0.071	0.213	299.1%	0	0	0
	Región 3	168%	0.285	0.369	129.6%	1	12	11
	Región 4	71%	0.742	3.751	505.7%	0	0	0
Producto GI	Total Nacional	52%	8.887	11.348	127.7%	0	0	0
	Región 1	138%	0.183	0.555	302.6%	6	3	-3
	Región 2	71%	0.609	1.354	222.2%	2	1	-1
	Región 3	90%	0.485	0.609	125.5%	0	10	10
	Región 4	58%	1.794	9.138	509.3%	0	0	0
Producto HI	Total Nacional	57%	11.606	11.964	103.1%	0	0	0
	Región 1	104%	1.094	5.087	465.0%	3	0	-3
	Región 2	71%	0.307	1.748	569.8%	0	0	0
	Región 3	83%	2.995	4.738	158.2%	0	0	0
	Región 4	196%	0.461	1.654	358.7%	5	0	-5
Producto II	Total Nacional	45%	8.889	8.133	91.5%	0	0	0
	Región 1	161%	0.093	0.259	276.8%	3	10	7
	Región 2	83%	0.272	0.752	276.4%	5	0	-5
	Región 3	149%	0.093	0.125	135.2%	6	20	14
	Región 4	51%	1.369	7.226	527.9%	0	0	0
Producto JI	Total Nacional	48%	19.892	49.926	251.0%	0	0	0
	Región 1	138%	0.430	1.393	323.7%	4	0	-4
	Región 2	185%	3.911	6.805	174.0%	3	18	15
	Región 3	94%	3.338	3.916	117.3%	0	0	0
	Región 4	52%	7.298	40.607	556.4%	0	0	0
Producto KI	Total Nacional	63%	7.990	23.431	293.3%	0	0	0
	Región 1	122%	0.652	2.714	416.1%	4	0	-4
	Región 2	114%	0.302	0.828	274.3%	7	0	-7
	Región 3	101%	0.513	0.690	134.6%	0	0	0
	Región 4	70%	3.417	20.122	588.8%	2	0	-2
Producto LI	Total Nacional	48%	17.340	92.006	530.6%	1	0	-1
	Región 1	122%	0.804	3.446	428.7%	6	0	-6
	Región 2	67%	3.333	9.388	281.7%	0	0	0
	Región 3	66%	3.557	5.313	149.4%	0	0	0
	Región 4	54%	12.982	75.888	584.5%	1	0	-1

2			Categoría I			Categoría I		
CATEGORÍA II	NIVEL	Variabilidad de Demanda	Inventario Promedio			Quiebre Inventario		
Producto AII	Total Nacional	78%	Lean	Plan	%	Lean	Plan	Dif
	Región 1	88%	14.815	68.943	465.4%	0	8	8
	Región 2	115%	3.000	13.628	454.2%	1	0	-1
	Región 3	135%	2.227	6.288	282.4%	7	8	1
	Región 4	135%	23.420	22.345	95.4%	0	19	19
	Región 4	95%	8.477	32.534	383.8%	1	8	7
Producto BII	Total Nacional	70%	11.858	21.074	177.7%	1	0	-1
	Región 1	111%	0.795	3.776	475.3%	7	0	-7
	Región 2	129%	3.008	8.571	285.0%	1	0	-1
	Región 3	108%	5.087	6.531	128.4%	0	0	0
	Región 4	125%	1.361	4.585	336.9%	3	0	-3
Producto CII	Total Nacional	90%	13.623	31.003	227.6%	0	0	0
	Región 1	101%	6.259	28.927	462.2%	4	0	-4
	Región 2	101%	0.301	0.992	329.6%	3	0	-3
	Región 3	185%	1.413	2.049	145.0%	0	1	1
	Región 4	166%	0.118	0.364	307.9%	3	1	-2
Producto DII	Total Nacional	53%	16.049	20.813	129.7%	0	0	0
	Región 1	96%	0.289	1.025	354.8%	1	0	-1
	Región 2	108%	0.642	1.697	264.3%	1	0	-1
	Región 3	57%	5.508	8.108	147.2%	0	0	0
	Región 4	79%	2.796	10.774	385.3%	0	0	0
Producto EII	Total Nacional	76%	9.189	9.080	98.8%	0	0	0
	Región 1	93%	0.168	0.593	351.9%	1	0	-1
	Región 2	149%	0.249	0.583	234.2%	0	0	0
	Región 3	93%	2.756	3.682	133.6%	0	6	6
	Región 4	109%	1.231	4.887	397.0%	0	0	0
Producto FII	Total Nacional	78%	15.519	91.546	589.9%	2	0	-2
	Región 1	94%	16.858	77.938	462.3%	5	0	-5
	Región 2	100%	5.270	12.977	246.2%	2	2	0
	Región 3	163%	3.315	5.322	160.6%	2	0	-2
	Región 4	100%	0.266	1.039	390.3%	1	0	-1
Producto GII	Total Nacional	61%	17.015	41.960	246.6%	0	0	0
	Región 1	89%	0.713	3.101	434.8%	4	0	-4
	Región 2	107%	3.652	9.685	265.2%	1	0	-1
	Región 3	86%	2.186	3.849	176.1%	0	0	0
	Región 4	80%	5.785	27.359	472.9%	0	0	0
Producto HII	Total Nacional	116%	1.700	0.595	35.0%	0	0	0
	Región 1	217%	0.034	0.063	183.7%	2	0	-2
	Región 2	157%	0.022	0.054	242.5%	8	28	20
	Región 3	180%	0.096	0.344	358.9%	5	0	-5
	Región 4	190%	0.051	0.288	566.9%	2	0	-2
Producto III	Total Nacional	70%	17.366	25.448	146.5%	0	0	0
	Región 1	139%	0.661	3.055	462.0%	5	0	-5
	Región 2	78%	0.228	0.636	279.1%	0	4	4
	Región 3	61%	4.409	8.316	188.6%	0	0	0
	Región 4	109%	3.457	14.674	424.5%	2	0	-2
Producto JII	Total Nacional	59%	13.592	16.914	124.4%	0	0	0
	Región 1	97%	0.863	4.643	538.0%	5	0	-5
	Región 2	96%	0.610	1.801	295.1%	0	0	0
	Región 3	64%	3.546	6.110	172.3%	0	0	0
	Región 4	112%	1.421	5.654	397.9%	2	0	-2
Producto KII	Total Nacional	76%	10.360	9.315	89.9%	0	0	0
	Región 1	172%	0.383	1.214	317.2%	9	2	-7
	Región 2	90%	0.184	0.490	266.0%	0	0	0
	Región 3	70%	2.108	3.146	149.3%	0	0	0
	Región 4	123%	1.164	5.111	439.0%	2	0	-2
Producto LII	Total Nacional	147%	6.357	2.871	45.2%	0	0	0
	Región 1	184%	0.155	0.363	233.8%	1	0	-1
	Región 2	304%	0.159	0.252	158.7%	0	2	2
	Región 3	197%	0.851	1.055	124.0%	0	1	1
	Región 4	219%	0.256	1.386	541.5%	2	0	-2

3			Categoría I			Categoría I		
CATEGORÍA II	NIVEL	Variabilidad de Demanda	Inventario Promedio			Quiebre Inventario		
			Lean	Plan	%	Lean	Plan	Dif
Producto MII	Total Nacional	74%	8.244	10.011	121.4%	0	0	0
	Región 1	120%	0.488	1.594	326.9%	0	0	0
	Región 2	258%	0.203	0.303	148.9%	3	22	19
	Región 3	89%	6.761	8.566	126.7%	0	0	0
	Región 4	178%	0.050	0.155	309.2%	4	0	-4
Producto III	Total Nacional	76%	11.814	15.635	132.3%	0	0	0
	Región 1	128%	1.650	5.826	353.1%	4	0	-4
	Región 2	196%	0.916	2.301	251.1%	7	3	-4
	Región 3	104%	6.306	9.383	148.8%	0	0	0
	Región 4	156%	0.021	0.093	439.1%	4	0	-4
Producto OII	Total Nacional	70%	2.429	1.762	72.5%	0	0	0
	Región 1	113%	0.067	0.265	397.8%	4	0	-4
	Región 2	111%	0.045	0.139	306.9%	1	0	-1
	Región 3	103%	0.509	0.675	132.5%	1	11	10
	Región 4	125%	0.244	0.900	368.2%	2	11	9
Producto PII	Total Nacional	82%	2.443	1.718	70.3%	0	0	0
	Región 1	154%	0.042	0.119	282.8%	4	14	10
	Región 2	182%	0.172	0.218	126.4%	2	0	-2
	Región 3	105%	0.547	0.708	129.3%	0	10	10
	Región 4	128%	0.228	0.923	405.1%	2	0	-2
Producto OII	Total Nacional	68%	2.707	2.569	94.9%	0	0	0
	Región 1	108%	0.052	0.184	351.9%	2	0	-2
	Región 2	106%	0.183	0.553	302.6%	1	0	-1
	Región 3	102%	0.574	0.942	164.1%	2	0	-2
	Región 4	116%	0.265	1.120	422.3%	2	0	-2
Producto RII	Total Nacional	73%	2.193	1.534	69.9%	0	0	0
	Región 1	144%	0.078	0.278	356.6%	0	0	0
	Región 2	93%	0.051	0.158	312.3%	3	0	-3
	Región 3	115%	0.416	0.633	152.1%	4	8	4
	Región 4	123%	0.194	0.689	355.2%	2	9	7
Producto SII	Total Nacional	71%	9.980	12.557	125.8%	0	0	0
	Región 1	148%	0.246	0.790	320.9%	6	1	-5
	Región 2	157%	0.416	1.037	249.6%	4	0	-4
	Región 3	74%	2.803	5.443	194.2%	0	2	2
	Región 4	123%	1.501	6.365	424.1%	2	0	-2
Producto TII	Total Nacional	65%	10.895	12.972	119.1%	0	0	0
	Región 1	140%	0.251	0.847	337.1%	5	3	-2
	Región 2	162%	0.382	1.066	278.9%	8	3	-5
	Región 3	72%	2.643	5.976	226.1%	0	0	0
	Región 4	107%	1.337	6.109	456.9%	2	14	12
Producto UII	Total Nacional	66%	12.272	14.122	115.1%	0	0	0
	Región 1	133%	0.236	0.794	335.7%	4	6	2
	Región 2	169%	0.475	1.213	255.1%	8	0	-8
	Región 3	77%	4.810	6.151	127.9%	0	0	0
	Región 4	93%	1.931	6.785	351.3%	1	0	-1
Producto VII	Total Nacional	90%	7.417	5.971	80.5%	0	11	11
	Región 1	98%	0.175	0.834	476.9%	3	0	-3
	Región 2	102%	0.231	0.587	254.1%	1	0	-1
	Región 3	117%	1.318	2.588	196.3%	2	6	4
	Región 4	147%	0.654	2.565	392.0%	4	24	20
Producto VII	Total Nacional	101%	9.818	15.114	153.9%	0	1	1
	Región 1	143%	0.495	1.559	315.2%	1	20	19
	Región 2	134%	0.233	0.707	303.1%	0	5	5
	Región 3	109%	4.530	6.365	140.5%	0	2	2
	Región 4	157%	1.594	7.363	462.0%	0	0	0
Producto XII	Total Nacional	77%	2.752	2.369	86.1%	0	0	0
	Región 1	119%	0.141	0.490	348.3%	0	0	0
	Región 2	97%	0.051	0.164	320.8%	0	0	0
	Región 3	119%	0.755	0.924	122.4%	4	21	17
	Región 4	126%	0.250	1.055	422.0%	3	9	6

4			Categoría I			Categoría I		
CATEGORÍA II	NIVEL	Variabilidad de Demanda	Inventario Promedio			Quiebre Inventario		
			Lean	Plan	%	Lean	Plan	Dif
Producto VII	Total Nacional	65%	6.530	4.036	61.8%	0	0	0
	Región 1	128%	0.062	0.234	377.6%	3	0	-3
	Región 2	143%	0.053	0.130	244.6%	4	0	-4
	Región 3	70%	0.975	1.806	185.2%	0	0	0
	Región 4	115%	0.602	2.135	354.4%	0	0	0
Producto ZII	Total Nacional	84%	6.583	3.801	57.7%	0	5	5
	Región 1	150%	0.149	0.677	455.3%	4	4	0
	Región 2	154%	0.076	0.199	261.0%	3	0	-3
	Región 3	107%	1.090	1.851	169.8%	0	3	3
	Región 4	166%	0.266	1.458	509.8%	1	3	2
Producto AAI	Total Nacional	110%	6.075	3.171	52.2%	0	23	23
	Región 1	160%	0.053	0.177	336.0%	4	18	14
	Región 2	163%	0.079	0.168	211.3%	2	0	-2
	Región 3	118%	0.896	1.082	120.8%	4	30	26
	Región 4	150%	0.650	1.939	298.3%	2	18	16
Producto BBI	Total Nacional	45%	13.992	39.640	283.3%	0	0	0
	Región 1	91%	0.995	4.443	446.6%	2	0	-2
	Región 2	85%	0.646	2.028	314.0%	1	0	-1
	Región 3	50%	9.700	18.932	195.2%	0	0	0
	Región 4	72%	3.017	15.457	512.3%	1	0	-1
Producto CCI	Total Nacional	48%	9.997	23.998	240.1%	0	0	0
	Región 1	82%	0.371	1.942	523.2%	3	0	-3
	Región 2	53%	3.275	11.287	344.7%	0	0	0
	Región 3	92%	0.644	0.966	150.1%	0	0	0
	Región 4	81%	2.046	10.510	513.7%	1	0	-1
Producto DDI	Total Nacional	45%	12.232	32.907	269.0%	0	0	0
	Región 1	109%	0.946	3.895	411.6%	4	0	-4
	Región 2	84%	0.724	2.033	281.0%	0	0	0
	Región 3	49%	7.345	15.036	204.7%	0	0	0
	Región 4	78%	2.647	13.151	496.9%	1	0	-1
Producto EEI	Total Nacional	54%	11.001	12.424	112.9%	0	0	0
	Región 1	122%	0.454	1.972	434.3%	6	0	-6
	Región 2	93%	0.239	0.662	277.1%	0	0	0
	Región 3	57%	2.712	5.073	187.1%	0	0	0
	Región 4	95%	1.167	5.317	455.4%	1	0	-1
Producto FFI	Total Nacional	58%	8.546	9.628	112.7%	0	0	0
	Región 1	120%	0.229	0.976	426.3%	5	0	-5
	Región 2	93%	0.242	0.717	296.8%	2	4	2
	Región 3	59%	2.343	4.080	174.1%	0	0	0
	Región 4	111%	1.054	4.365	414.2%	1	0	-1
Producto GGI	Total Nacional	56%	10.820	13.467	124.5%	0	0	0
	Región 1	114%	0.268	1.194	444.7%	6	0	-6
	Región 2	109%	0.389	1.155	296.8%	3	0	-3
	Región 3	68%	4.601	7.402	160.9%	0	0	0
	Región 4	94%	1.015	4.403	433.9%	2	0	-2
Producto HHI	Total Nacional	67%	10.751	13.649	127.0%	0	5	5
	Región 1	173%	0.264	0.732	277.2%	6	0	-6
	Región 2	101%	0.487	0.951	195.1%	0	2	2
	Región 3	74%	4.502	7.352	163.3%	0	5	5
	Región 4	116%	0.999	5.393	539.6%	3	6	3
Producto III	Total Nacional	58%	4.909	5.651	115.1%	0	0	0
	Región 1	126%	0.394	1.305	331.0%	0	0	0
	Región 2	112%	0.098	0.202	207.3%	0	0	0
	Región 3	74%	2.299	3.907	169.9%	0	0	0
	Región 4	139%	0.108	0.519	481.0%	5	0	-5
Producto JJI	Total Nacional	82%	8.967	55.787	622.1%	2	0	-2
	Región 1	111%	3.628	17.997	496.0%	8	0	-8
	Región 2	104%	2.730	10.992	402.6%	6	0	-6
	Región 3	82%	2.542	3.571	140.5%	0	0	0
	Región 4	169%	7.037	33.178	471.5%	2	14	12

5			Categoría I			Categoría I		
CATEGORÍA II	NIVEL	Variabilidad de Demanda	Inventario Promedio			Quiebre Inventario		
			Lean	Plan	%	Lean	Plan	Dif
Producto KKII	Total Nacional	131%	9.533	19.914	208.9%	0	26	26
	Región 1	163%	0.315	1.882	597.7%	4	24	20
	Región 2	165%	0.185	0.962	520.9%	8	19	11
	Región 3	144%	4.538	9.074	200.0%	0	24	24
	Región 4	226%	2.579	8.931	346.3%	1	25	24
Producto LLII	Total Nacional	60%	8.377	22.802	272.2%	0	0	0
	Región 1	115%	1.392	6.896	495.5%	6	0	-6
	Región 2	120%	1.811	7.237	399.7%	8	0	-8
	Región 3	97%	1.282	1.705	133.0%	0	0	0
	Región 4	69%	2.008	8.758	436.2%	0	0	0
Producto MMII	Total Nacional	53%	22.653	32.420	143.1%	0	0	0
	Región 1	127%	2.043	9.320	456.2%	6	0	-6
	Región 2	115%	1.243	3.181	255.9%	4	0	-4
	Región 3	69%	4.939	7.944	160.8%	0	0	0
	Región 4	82%	3.238	14.476	447.1%	0	0	0
Producto NIII	Total Nacional	54%	14.056	31.794	226.2%	0	0	0
	Región 1	99%	1.443	6.789	470.3%	5	0	-5
	Región 2	95%	0.861	2.578	299.4%	1	12	11
	Región 3	68%	5.985	9.256	154.6%	3	11	8
	Región 4	81%	3.615	15.376	425.3%	0	0	0
Producto OIII	Total Nacional	86%	13.650	16.853	123.5%	0	0	0
	Región 1	139%	0.219	0.736	336.2%	7	0	-7
	Región 2	150%	0.249	0.614	246.3%	4	0	-4
	Región 3	87%	2.996	8.277	276.3%	6	0	-6
	Región 4	136%	1.767	8.187	463.4%	4	3	-1
Producto PIII	Total Nacional	54%	10.623	12.492	117.6%	0	0	0
	Región 1	112%	0.254	0.942	370.9%	4	6	2
	Región 2	141%	1.068	2.267	212.2%	2	0	-2
	Región 3	96%	1.041	2.034	195.5%	0	0	0
	Región 4	59%	1.755	8.154	464.6%	0	0	0
Producto QIII	Total Nacional	54%	13.990	17.821	127.4%	0	0	0
	Región 1	117%	1.107	4.740	428.4%	5	0	-5
	Región 2	116%	1.166	2.644	226.8%	0	0	0
	Región 3	105%	0.835	1.346	161.3%	0	0	0
	Región 4	55%	2.100	10.211	486.2%	0	0	0
Producto RIII	Total Nacional	62%	14.264	17.800	124.8%	0	0	0
	Región 1	132%	1.142	4.453	390.1%	5	0	-5
	Región 2	116%	1.421	2.801	197.1%	0	0	0
	Región 3	113%	0.802	1.114	138.8%	0	0	0
	Región 4	75%	2.389	11.254	471.1%	1	0	-1
Producto SIII	Total Nacional	57%	13.327	18.713	140.4%	0	0	0
	Región 1	134%	0.543	1.664	306.4%	7	5	-2
	Región 2	101%	0.578	2.152	372.1%	4	0	-4
	Región 3	59%	5.647	9.230	163.4%	0	0	0
	Región 4	121%	1.836	7.178	391.1%	2	0	-2
Producto TIII	Total Nacional	77%	13.623	19.113	140.3%	0	8	8
	Región 1	155%	0.568	1.924	338.7%	5	10	5
	Región 2	119%	0.917	2.799	305.1%	3	0	-3
	Región 3	80%	6.489	8.921	137.5%	0	11	11
	Región 4	147%	1.492	6.914	463.4%	3	8	5
Producto UIII	Total Nacional	85%	8.569	6.491	75.7%	0	28	28
	Región 1	159%	0.346	1.044	302.1%	6	3	-3
	Región 2	93%	0.125	0.266	213.5%	2	12	10
	Región 3	94%	2.696	3.417	126.7%	0	27	27
	Región 4	143%	0.806	2.572	319.1%	3	28	25

6			Categoría I			Categoría I		
CATEGORÍA III	NIVEL	Variabilidad de Demanda	Inventario Promedio			Quiebre Inventario		
			Lean	Plan	%	Lean	Plan	Dif
Producto AIII	Total Nacional	107%	78.531	116.634	148.5%	0	2	2
	Región 1	424%	2.094	3.505	167.4%	4	13	9
	Región 2	312%	4.708	9.590	203.7%	0	16	16
	Región 3	477%	7.029	9.792	139.3%	12	3	-9
	Región 4	117%	19.608	110.097	561.5%	3	5	2
Producto BIII	Total Nacional	62%	68.685	209.332	304.8%	0	0	0
	Región 1	117%	3.442	16.588	482.0%	7	7	0
	Región 2	118%	6.558	20.856	318.0%	0	0	0
	Región 3	337%	25.611	41.124	160.6%	7	17	10
	Región 4	72%	41.509	159.438	384.1%	0	0	0
Producto CIII	Total Nacional	57%	61.364	163.224	266.0%	0	0	0
	Región 1	129%	4.478	23.582	526.7%	9	7	-2
	Región 2	82%	11.091	28.599	257.9%	1	0	-1
	Región 3	158%	9.014	11.713	129.9%	0	0	0
	Región 4	66%	18.090	107.144	592.3%	1	0	-1
Producto DIII	Total Nacional	49%	88.339	451.800	511.4%	0	0	0
	Región 1	70%	8.361	49.598	593.2%	5	0	-5
	Región 2	93%	18.617	54.238	291.3%	0	0	0
	Región 3	106%	21.890	40.721	186.0%	3	0	-3
	Región 4	57%	52.302	322.917	617.4%	0	0	0
Producto EIII	Total Nacional	78%	73.064	185.392	253.7%	0	0	0
	Región 1	116%	18.405	81.145	440.9%	4	0	-4
	Región 2	111%	36.021	93.212	258.8%	1	0	-1
	Región 3	133%	8.346	13.669	163.8%	5	0	-5
	Región 4	190%	4.642	20.858	449.3%	5	6	1
Producto FIII	Total Nacional	57%	135.561	656.185	484.1%	0	0	0
	Región 1	93%	18.911	72.583	383.8%	5	0	-5
	Región 2	99%	64.381	173.865	270.1%	0	0	0
	Región 3	89%	76.856	140.580	182.9%	0	0	0
	Región 4	66%	60.802	297.530	489.3%	0	0	0
Producto GIII	Total Nacional	103%	63.634	81.952	128.8%	0	0	0
	Región 1	334%	0.234	0.558	238.7%	2	17	15
	Región 2	181%	0.789	1.716	217.3%	0	0	0
	Región 3	189%	0.889	4.295	482.9%	26	0	-26
	Región 4	108%	28.175	43.482	154.3%	0	11	11

7			Categoría I			Categoría I		
CATEGORÍA IV	NIVEL	Variabilidad de Demanda	Inventario Promedio			Quiebre Inventario		
			Lean	Plan	%	Lean	Plan	Dif
Producto AIV	Total Nacional	46%	81.013	360.490	445.0%	0	0	0
	Región 1	90%	6.179	28.828	466.6%	3	0	-3
	Región 2	73%	31.942	56.665	177.4%	2	0	-2
	Región 3	78%	23.211	28.692	123.6%	1	1	0
	Región 4	50%	46.626	254.387	545.6%	0	0	0
Producto BIV	Total Nacional	64%	19.627	88.139	449.1%	0	0	0
	Región 1	76%	2.411	7.220	299.4%	0	0	0
	Región 2	78%	2.495	4.444	178.1%	1	1	0
	Región 3	162%	0.590	0.964	163.2%	5	1	-4
	Región 4	71%	13.705	76.949	561.5%	1	0	-1
Producto CIV	Total Nacional	52%	114.150	564.903	494.9%	0	0	0
	Región 1	70%	8.194	34.159	416.9%	2	0	-2
	Región 2	75%	22.325	41.769	187.1%	0	0	0
	Región 3	101%	4.798	6.807	141.9%	0	0	0
	Región 4	54%	84.219	487.075	578.3%	0	0	0
Producto DIV	Total Nacional	51%	44.137	234.346	531.0%	0	0	0
	Región 1	127%	2.839	10.501	369.9%	4	0	-4
	Región 2	88%	13.123	24.127	183.9%	1	0	-1
	Región 3	107%	23.630	37.971	160.7%	0	0	0
	Región 4	56%	30.726	167.589	545.4%	0	0	0
Producto EIV	Total Nacional	56%	17.497	38.521	220.2%	0	0	0
	Región 1	73%	2.310	11.951	517.4%	0	0	0
	Región 2	117%	5.514	9.929	180.1%	1	0	-1
	Región 3	87%	1.042	1.894	181.8%	0	0	0
	Región 4	73%	3.010	17.016	565.4%	1	0	-1
Producto FIV	Total Nacional	58%	93.239	393.769	422.3%	0	0	0
	Región 1	85%	16.429	86.866	528.7%	4	0	-4
	Región 2	95%	68.866	162.213	235.6%	0	0	0
	Región 3	98%	14.883	19.897	133.7%	0	0	0
	Región 4	74%	27.343	146.461	535.6%	2	0	-2
Producto GIV	Total Nacional	69%	37.797	160.624	425.0%	0	0	0
	Región 1	116%	11.707	55.127	470.9%	6	5	-1
	Región 2	127%	20.727	37.857	182.6%	7	0	-7
	Región 3	133%	10.848	14.457	133.3%	0	0	0
	Región 4	81%	9.883	48.495	490.7%	1	0	-1
Producto HIV	Total Nacional	69%	12.068	15.114	125.2%	0	0	0
	Región 1	113%	0.229	0.968	423.2%	1	0	-1
	Región 2	110%	0.206	0.382	185.4%	1	1	0
	Región 3	262%	0.043	0.038	87.7%	0	22	22
	Región 4	74%	3.582	14.017	391.3%	1	0	-1
Producto IIV	Total Nacional	50%	19.215	87.902	457.5%	0	0	0
	Región 1	72%	1.912	8.356	437.1%	0	0	0
	Región 2	77%	8.822	14.152	160.4%	1	1	0
	Región 3	120%	1.666	2.526	151.6%	2	0	-2
	Región 4	57%	13.272	64.682	487.4%	0	0	0
Producto JIV	Total Nacional	53%	117.038	577.874	493.7%	0	0	0
	Región 1	68%	16.047	65.487	408.1%	2	0	-2
	Región 2	69%	40.849	82.547	202.1%	1	0	-1
	Región 3	95%	12.079	16.827	139.3%	0	0	0
	Región 4	60%	79.443	424.298	534.1%	0	0	0
Producto KIV	Total Nacional	64%	39.149	179.046	457.3%	1	0	-1
	Región 1	145%	3.454	9.814	284.1%	3	4	1
	Región 2	79%	6.016	24.110	400.8%	2	0	-2
	Región 3	132%	50.897	67.214	132.1%	4	0	-4
	Región 4	70%	15.695	92.082	586.7%	0	0	0
Producto LIV	Total Nacional	97%	15.627	56.861	363.9%	0	0	0
	Región 1	159%	4.284	9.327	217.7%	0	0	0
	Región 2	184%	5.253	8.708	165.8%	0	12	12
	Región 3	110%	12.209	10.232	83.8%	0	0	0
	Región 4	102%	8.056	33.165	411.7%	0	0	0

8			Categoría I			Categoría I		
CATEGORÍA IV	NIVEL	Variabilidad de Demanda	Inventario Promedio			Quiebre Inventario		
			Lean	Plan	%	Lean	Plan	Dif
Producto MIV	Total Nacional	74%	12.388	13.108	105.8%	0	0	0
	Región 1	136%	0.859	3.675	427.7%	3	0	-3
	Región 2	163%	1.356	2.402	177.2%	0	1	1
	Región 3	153%	1.390	1.901	136.7%	0	0	0
	Región 4	100%	1.310	6.265	478.4%	2	0	-2
Producto IIV	Total Nacional	170%	37.675	148.932	395.3%	3	0	-3
	Región 1	97%	2.859	10.699	374.2%	0	0	0
	Región 2	82%	7.405	13.374	180.6%	2	1	-1
	Región 3	108%	7.029	7.899	112.4%	0	0	0
	Región 4	224%	27.979	127.846	456.9%	8	0	-8
Producto OIV	Total Nacional	91%	29.735	96.161	323.4%	1	0	-1
	Región 1	116%	3.629	25.408	700.1%	8	0	-8
	Región 2	140%	6.688	17.742	265.3%	2	0	-2
	Región 3	107%	4.603	11.869	257.9%	0	0	0
	Región 4	178%	12.651	49.860	394.1%	2	0	-2
Producto PIV	Total Nacional	54%	30.120	163.679	543.4%	0	0	0
	Región 1	69%	2.838	17.540	617.9%	5	0	-5
	Región 2	75%	8.859	20.048	226.3%	0	0	0
	Región 3	80%	9.908	13.068	131.9%	0	0	0
	Región 4	65%	20.307	118.686	584.5%	0	2	2
Producto QIV	Total Nacional	48%	40.922	209.172	511.1%	0	0	0
	Región 1	68%	6.656	25.449	382.3%	1	0	-1
	Región 2	71%	10.930	20.249	185.3%	0	0	0
	Región 3	83%	15.767	24.588	155.9%	0	0	0
	Región 4	58%	28.543	143.864	504.0%	0	0	0
Producto RIV	Total Nacional	69%	37.781	241.347	638.8%	2	0	-2
	Región 1	338%	17.911	73.127	408.3%	9	19	10
	Región 2	100%	9.895	26.973	272.6%	3	0	-3
	Región 3	93%	20.129	40.097	199.2%	0	0	0
	Región 4	88%	21.141	129.628	613.2%	0	0	0
Producto SIV	Total Nacional	72%	53.802	211.933	393.9%	0	33	33
	Región 1	111%	9.732	46.003	472.7%	6	24	18
	Región 2	131%	24.638	58.114	235.9%	7	31	24
	Región 3	99%	36.922	27.040	73.2%	0	42	42
	Región 4	99%	16.435	101.299	616.4%	2	29	27
Producto TIV	Total Nacional	57%	198.883	1045.764	525.8%	0	0	0
	Región 1	96%	32.185	136.876	425.3%	5	0	-5
	Región 2	80%	85.935	167.499	194.9%	0	0	0
	Región 3	80%	66.385	105.603	159.1%	0	0	0
	Región 4	68%	112.874	667.640	591.5%	2	0	-2

9			Categoría I			Categoría I		
CATEGORÍA V	NIVEL	Variabilidad de Demanda	Inventario Promedio			Quiebre Inventario		
			Lean	Plan	%	Lean	Plan	Dif
Producto AV	Total Nacional	59%	19.386	84.718	437.0%	0	0	0
	Región 1	128%	4.017	12.512	311.5%	4	0	-4
	Región 2	122%	9.058	29.461	325.2%	7	0	-7
	Región 3	77%	8.676	13.847	159.6%	0	0	0
	Región 4	64%	6.856	35.712	520.9%	1	0	-1
Producto BV	Total Nacional	62%	25.991	116.159	446.9%	0	0	0
	Región 1	154%	2.030	1.780	87.7%	4	6	2
	Región 2	120%	18.894	37.650	199.3%	3	2	-1
	Región 3	94%	23.740	32.542	137.1%	1	1	0
	Región 4	72%	9.185	49.353	537.3%	1	0	-1
Producto CV	Total Nacional	80%	7.999	9.428	117.9%	0	0	0
	Región 1	333%	0.078	0.222	286.5%	2	0	-2
	Región 2	154%	0.313	0.911	291.3%	5	0	-5
	Región 3	155%	2.785	3.160	113.5%	0	2	2
	Región 4	97%	1.702	6.317	371.3%	1	0	-1
Producto DV	Total Nacional	67%	81.489	272.353	334.2%	0	0	0
	Región 1	118%	3.349	16.339	487.8%	9	0	-9
	Región 2	141%	24.644	98.787	400.9%	8	2	-6
	Región 3	94%	24.004	37.649	156.8%	0	0	0
	Región 4	74%	23.334	140.647	602.8%	2	0	-2
Producto EV	Total Nacional	52%	110.280	647.864	587.5%	0	0	0
	Región 1	109%	25.671	109.079	424.9%	1	0	-1
	Región 2	165%	37.583	111.411	296.4%	3	0	-3
	Región 3	95%	24.412	36.276	148.6%	0	0	0
	Región 4	58%	70.048	433.530	618.9%	0	0	0
Producto FV	Total Nacional	101%	9.052	9.712	107.3%	0	0	0
	Región 1	189%	0.069	0.191	277.4%	4	1	-3
	Región 2	228%	0.085	0.151	177.9%	6	29	23
	Región 3	253%	0.542	0.378	69.8%	0	6	6
	Región 4	106%	1.939	9.282	478.8%	1	0	-1
Producto GV	Total Nacional	65%	26.206	27.859	106.3%	0	0	0
	Región 1	103%	0.832	4.223	507.5%	3	0	-3
	Región 2	121%	1.853	3.146	169.8%	1	0	-1
	Región 3	116%	5.076	5.785	114.0%	0	0	0
	Región 4	84%	3.446	16.739	485.7%	2	0	-2
Producto HV	Total Nacional	80%	28.671	31.148	108.6%	0	0	0
	Región 1	114%	1.072	4.158	387.8%	2	0	-2
	Región 2	148%	4.244	14.617	344.4%	2	0	-2
	Región 3	157%	1.610	2.536	157.5%	0	0	0
	Región 4	97%	3.022	13.378	442.7%	2	0	-2
Producto IV	Total Nacional	78%	46.673	58.470	125.3%	0	0	0
	Región 1	103%	1.605	6.380	397.5%	6	1	-5
	Región 2	156%	8.500	29.909	351.9%	5	0	-5
	Región 3	91%	5.614	6.727	119.8%	0	0	0
	Región 4	86%	4.140	20.830	503.2%	1	0	-1
Producto JV	Total Nacional	78%	11.089	27.112	244.5%	0	0	0
	Región 1	143%	0.119	0.569	477.4%	5	0	-5
	Región 2	165%	0.536	1.351	252.0%	4	0	-4
	Región 3	96%	4.482	6.625	147.8%	0	0	0
	Región 4	94%	3.760	19.833	527.4%	1	0	-1
Producto KV	Total Nacional	85%	18.707	16.926	90.5%	0	0	0
	Región 1	220%	1.045	3.005	287.5%	11	13	2
	Región 2	124%	0.902	2.793	309.7%	2	0	-2
	Región 3	171%	1.968	2.253	114.5%	0	0	0
	Región 4	106%	2.409	10.631	441.3%	2	0	-2
Producto LV	Total Nacional	85%	19.245	19.697	102.3%	0	25	25
	Región 1	226%	0.973	2.181	224.2%	5	25	20
	Región 2	188%	1.588	2.117	133.3%	0	24	24
	Región 3	208%	2.178	3.290	151.0%	0	0	0
	Región 4	99%	3.140	14.158	450.8%	0	27	27

10			Categoría I			Categoría I		
CATEGORÍA V	NIVEL	Variabilidad de Demanda	Inventario Promedio			Quiebre Inventario		
			Lean	Plan	%	Lean	Plan	Dif
Producto MV	Total Nacional	81%	15.994	66.328	414.7%	0	1	1
	Región 1	157%	1.084	3.157	291.2%	3	1	-2
	Región 2	153%	12.648	30.854	244.0%	0	4	4
	Región 3	93%	8.548	10.527	123.2%	0	6	6
	Región 4	91%	5.617	28.217	502.4%	1	0	-1
Producto NV	Total Nacional	101%	10.134	23.885	235.7%	0	4	4
	Región 1	1051%	0.020	0.040	200.0%	0	0	0
	Región 2	136%	1.970	3.511	178.2%	1	0	-1
	Región 3	110%	16.627	21.161	127.3%	0	7	7
	Región 4	989%	0.033	0.097	293.1%	0	0	0
Producto OV	Total Nacional	74%	9.564	10.777	112.7%	0	0	0
	Región 1	213%	0.173	0.459	266.3%	4	2	-2
	Región 2	117%	0.821	2.059	251.0%	2	1	-1
	Región 3	104%	2.633	3.141	119.3%	0	1	1
	Región 4	126%	1.490	6.389	428.9%	4	0	-4
Producto PV	Total Nacional	76%	18.025	15.017	83.3%	0	0	0
	Región 1	122%	0.321	1.392	433.2%	4	0	-4
	Región 2	126%	1.566	3.363	214.8%	0	0	0
	Región 3	127%	2.586	3.481	134.6%	0	9	9
	Región 4	116%	1.869	8.239	440.8%	2	0	-2
Producto QV	Total Nacional	120%	12.146	9.609	79.1%	0	6	6
	Región 1	302%	0.774	1.738	224.6%	3	0	-3
	Región 2	241%	0.225	0.503	223.8%	5	0	-5
	Región 3	791%	0.022	0.023	100.9%	6	15	9
	Región 4	129%	2.521	8.677	344.2%	3	8	5
Producto RV	Total Nacional	51%	161.339	960.072	595.1%	0	0	0
	Región 1	70%	8.885	53.476	601.9%	4	0	-4
	Región 2	93%	22.776	70.767	310.7%	1	0	-1
	Región 3	92%	12.186	16.117	132.3%	0	0	0
	Región 4	54%	133.743	829.644	620.3%	0	0	0
Producto SV	Total Nacional	51%	31.270	147.702	472.3%	0	0	0
	Región 1	103%	2.238	11.012	492.1%	4	0	-4
	Región 2	75%	5.423	16.394	302.3%	2	0	-2
	Región 3	87%	8.316	14.806	178.1%	1	1	0
	Región 4	61%	20.079	110.462	550.1%	0	0	0
Producto TV	Total Nacional	115%	14.474	14.153	97.8%	0	0	0
	Región 1	203%	0.135	0.407	300.6%	1	0	-1
	Región 2	225%	0.444	0.779	175.6%	0	0	0
	Región 3	175%	0.424	0.506	119.4%	0	0	0
	Región 4	129%	2.016	13.026	646.1%	3	0	-3
Producto UV	Total Nacional	53%	38.708	99.155	256.2%	0	0	0
	Región 1	71%	6.427	37.721	586.9%	3	0	-3
	Región 2	109%	1.261	2.967	235.3%	0	0	0
	Región 3	118%	1.800	2.351	130.6%	0	0	0
	Región 4	68%	12.145	59.875	493.0%	1	0	-1
Producto VV	Total Nacional	60%	61.217	352.068	575.1%	1	0	-1
	Región 1	110%	11.634	59.030	507.4%	4	0	-4
	Región 2	77%	19.510	52.336	268.3%	1	0	-1
	Región 3	77%	15.717	30.913	196.7%	0	0	0
	Región 4	69%	33.382	219.407	657.3%	1	0	-1
Producto WV	Total Nacional	71%	37.328	52.312	140.1%	0	0	0
	Región 1	101%	0.892	4.125	462.3%	5	0	-5
	Región 2	104%	1.782	5.149	289.0%	1	0	-1
	Región 3	121%	1.961	2.190	111.7%	0	0	0
	Región 4	84%	7.765	43.122	555.3%	1	0	-1
Producto XV	Total Nacional	56%	30.801	85.789	278.5%	0	0	0
	Región 1	74%	2.593	13.055	503.5%	0	0	0
	Región 2	79%	2.687	7.421	276.2%	2	0	-2
	Región 3	130%	1.523	1.775	116.6%	0	0	0
	Región 4	68%	11.387	65.985	579.5%	0	0	0

11			Categoría I			Categoría I		
CATEGORÍA V	NIVEL	Variabilidad de Demanda	Inventario Promedio			Quiebre Inventario		
			Lean	Plan	%	Lean	Plan	Dif
Producto YV	Total Nacional	50%	43.159	59.354	137.5%	0	0	0
	Región 1	78%	1.163	6.546	562.9%	3	0	-3
	Región 2	89%	2.163	6.270	289.9%	1	0	-1
	Región 3	147%	1.296	1.597	123.3%	0	0	0
	Región 4	55%	8.624	46.478	539.0%	0	0	0
Producto ZV	Total Nacional	76%	17.010	14.820	87.1%	0	0	0
	Región 1	173%	0.111	0.252	226.2%	3	10	7
	Región 2	88%	2.377	6.476	272.4%	0	0	0
	Región 3	122%	1.541	1.816	117.9%	0	0	0
	Región 4	133%	1.646	7.673	466.2%	2	4	2
Producto AAV	Total Nacional	66%	24.985	33.612	134.5%	0	0	0
	Región 1	110%	0.850	3.702	435.4%	8	0	-8
	Región 2	99%	1.371	4.163	303.7%	3	0	-3
	Región 3	123%	1.120	1.521	135.8%	0	0	0
	Región 4	74%	5.049	25.527	505.6%	0	0	0
Producto BBV	Total Nacional	53%	25.213	63.079	250.2%	0	0	0
	Región 1	71%	1.019	6.605	647.9%	2	0	-2
	Región 2	105%	0.741	2.319	313.0%	5	0	-5
	Región 3	202%	0.378	0.572	151.4%	0	8	8
	Región 4	58%	10.226	54.625	534.2%	0	0	0
Producto CCV	Total Nacional	51%	27.068	70.817	261.6%	0	0	0
	Región 1	126%	0.821	2.929	357.0%	7	0	-7
	Región 2	82%	1.847	5.573	301.8%	0	0	0
	Región 3	123%	0.759	1.169	153.9%	0	0	0
	Región 4	55%	11.413	62.477	547.4%	0	0	0
Producto DDV	Total Nacional	60%	24.655	29.930	121.4%	0	1	1
	Región 1	92%	0.777	3.679	473.3%	5	0	-5
	Región 2	96%	1.145	3.451	301.3%	1	0	-1
	Región 3	122%	1.117	1.640	146.8%	0	0	0
	Región 4	71%	4.991	22.591	452.6%	0	3	3
Producto EEV	Total Nacional	94%	13.518	17.939	132.7%	1	4	3
	Región 1	110%	0.459	2.470	538.5%	4	0	-4
	Región 2	233%	0.341	0.835	245.0%	4	12	8
	Región 3	237%	0.644	0.981	152.4%	12	26	14
	Región 4	109%	3.025	15.510	512.7%	2	5	3
Producto FFV	Total Nacional	62%	13.190	39.754	301.4%	0	0	0
	Región 1	101%	0.911	4.343	476.8%	4	0	-4
	Región 2	104%	1.050	3.215	306.3%	2	0	-2
	Región 3	163%	1.149	1.614	140.5%	2	0	-2
	Región 4	73%	6.927	32.017	462.2%	0	0	0
Producto GGV	Total Nacional	57%	13.671	21.112	154.4%	0	0	0
	Región 1	138%	0.406	1.639	404.0%	3	0	-3
	Región 2	98%	1.410	4.123	292.4%	0	0	0
	Región 3	160%	1.018	1.267	124.5%	0	0	0
	Región 4	69%	2.689	15.489	576.0%	1	0	-1
Producto HHV	Total Nacional	70%	14.436	37.818	262.0%	0	0	0
	Región 1	131%	0.075	0.235	310.9%	2	4	2
	Región 2	121%	0.293	0.788	269.3%	3	1	-2
	Región 3	168%	0.217	0.332	153.5%	5	0	-5
	Región 4	72%	7.210	36.875	511.4%	1	0	-1
Producto IIV	Total Nacional	61%	9.742	7.691	79.0%	0	0	0
	Región 1	114%	0.100	0.323	324.6%	2	2	0
	Región 2	83%	0.537	1.377	256.6%	0	0	0
	Región 3	215%	0.341	0.486	142.4%	7	0	-7
	Región 4	73%	1.233	5.964	483.6%	0	0	0
Producto JJV	Total Nacional	61%	19.255	19.351	100.5%	0	0	0
	Región 1	152%	0.135	0.451	335.6%	2	0	-2
	Región 2	80%	2.117	5.088	240.3%	0	0	0
	Región 3	123%	10.997	7.896	71.8%	2	2	0
	Región 4	99%	2.119	8.552	403.6%	1	1	0

12			Categoría I			Categoría I		
CATEGORÍA V	NIVEL	Variabilidad de Demanda	Inventario Promedio			Quiebre Inventario		
			Lean	Plan	%	Lean	Plan	Dif
Producto KKV	Total Nacional	64%	42.648	111.188	260.7%	0	0	0
	Región 1	131%	6.632	30.834	464.9%	3	0	-3
	Región 2	88%	7.708	20.532	266.4%	1	0	-1
	Región 3	80%	22.050	27.646	125.4%	2	0	-2
	Región 4	138%	12.287	47.089	383.3%	4	0	-4
Producto LLV	Total Nacional	65%	48.614	62.800	129.2%	0	0	0
	Región 1	121%	6.390	33.176	519.2%	6	0	-6
	Región 2	90%	2.645	7.422	280.6%	0	0	0
	Región 3	79%	11.491	15.899	138.4%	0	0	0
	Región 4	141%	3.795	14.735	388.3%	6	0	-6
Producto MMV	Total Nacional	109%	19.021	16.244	85.4%	0	1	1
	Región 1	208%	0.174	0.413	237.4%	2	0	-2
	Región 2	140%	0.493	1.095	222.2%	0	0	0
	Región 3	124%	2.280	3.455	151.5%	0	0	0
	Región 4	141%	4.059	12.942	318.8%	4	1	-3
Producto NNV	Total Nacional	65%	9.835	12.767	129.8%	0	0	0
	Región 1	176%	0.221	0.761	344.9%	6	0	-6
	Región 2	115%	0.386	1.392	360.6%	3	0	-3
	Región 3	83%	6.848	8.976	131.1%	0	0	0
	Región 4	92%	0.477	2.444	512.6%	3	0	-3
Producto OOV	Total Nacional	80%	7.943	9.944	125.2%	0	0	0
	Región 1	186%	0.222	0.835	376.1%	4	0	-4
	Región 2	113%	0.476	1.007	211.6%	0	1	1
	Región 3	115%	4.143	5.569	134.4%	0	4	4
	Región 4	159%	0.943	3.949	418.6%	5	0	-5
Producto PPV	Total Nacional	110%	11.930	8.391	70.3%	0	0	0
	Región 1	189%	1.163	4.870	418.6%	6	0	-6
	Región 2	130%	0.280	0.576	205.7%	7	0	-7
	Región 3	150%	1.136	1.711	150.7%	1	0	-1
	Región 4	125%	0.498	1.980	397.4%	1	1	0
Producto QOV	Total Nacional	107%	14.531	11.229	77.3%	0	0	0
	Región 1	171%	2.066	7.809	377.9%	4	0	-4
	Región 2	164%	0.260	0.695	267.8%	4	0	-4
	Región 3	164%	0.579	0.888	153.2%	1	0	-1
	Región 4	158%	1.229	4.306	350.4%	4	3	-1
Producto RRV	Total Nacional	73%	12.507	9.659	77.2%	0	0	0
	Región 1	217%	0.049	0.133	274.2%	7	4	-3
	Región 2	111%	0.746	2.629	352.3%	5	0	-5
	Región 3	96%	3.186	4.172	131.0%	0	0	0
	Región 4	142%	0.973	3.817	392.3%	3	0	-3
Producto SSV	Total Nacional	70%	16.055	10.621	66.2%	0	0	0
	Región 1	204%	0.057	0.147	259.0%	3	0	-3
	Región 2	104%	0.448	1.364	304.3%	3	0	-3
	Región 3	95%	5.726	6.275	109.6%	0	0	0
	Región 4	125%	1.117	3.861	345.8%	4	1	-3
Producto TTV	Total Nacional	72%	18.087	19.582	108.3%	0	0	0
	Región 1	156%	2.204	9.351	424.2%	5	0	-5
	Región 2	118%	1.241	3.636	292.9%	5	0	-5
	Región 3	95%	4.531	5.209	115.0%	0	0	0
	Región 4	114%	0.861	4.019	466.8%	2	0	-2
Producto UVV	Total Nacional	67%	10.550	12.700	120.4%	0	0	0
	Región 1	189%	0.112	0.318	284.7%	0	0	0
	Región 2	101%	0.488	1.439	294.8%	2	0	-2
	Región 3	87%	7.897	10.172	128.8%	2	0	-2
	Región 4	116%	0.487	1.575	323.2%	1	4	3
Producto VVV	Total Nacional	62%	16.646	14.798	88.9%	0	0	0
	Región 1	227%	0.087	0.241	278.2%	9	14	5
	Región 2	99%	1.279	3.414	266.8%	2	0	-2
	Región 3	84%	8.269	10.133	122.5%	0	0	0
	Región 4	97%	0.489	1.976	404.1%	1	0	-1

13			Categoría I			Categoría I		
CATEGORÍA V	NIVEL	Variabilidad de Demanda	Inventario Promedio			Quiebre Inventario		
			Lean	Plan	%	Lean	Plan	Dif
Producto WWV	Total Nacional	56%	134.669	789.704	586.4%	0	0	0
	Región 1	100%	24.533	131.612	536.5%	2	0	-2
	Región 2	76%	28.690	77.277	269.4%	0	0	0
	Región 3	60%	290.476	566.021	194.9%	0	0	0
	Región 4	240%	15.066	86.908	576.8%	0	0	0
Producto XXV	Total Nacional	63%	27.663	134.926	487.7%	0	0	0
	Región 1	106%	4.619	21.461	464.7%	4	0	-4
	Región 2	190%	7.353	13.733	186.8%	3	10	7
	Región 3	76%	11.690	15.971	136.6%	0	0	0
	Región 4	80%	13.867	91.956	663.1%	1	0	-1
Producto YV	Total Nacional	61%	42.973	216.422	503.6%	0	0	0
	Región 1	112%	5.563	24.545	441.2%	5	0	-5
	Región 2	128%	8.185	30.820	376.6%	3	5	2
	Región 3	74%	33.489	52.295	156.2%	0	0	0
	Región 4	80%	19.867	118.774	597.9%	2	0	-2
Producto ZV	Total Nacional	72%	14.754	14.806	100.4%	0	0	0
	Región 1	135%	0.322	1.057	328.4%	1	0	-1
	Región 2	124%	0.544	1.348	247.8%	1	0	-1
	Región 3	175%	0.453	0.748	165.2%	4	0	-4
	Región 4	85%	1.983	12.426	626.6%	2	0	-2
Producto AAV	Total Nacional	63%	19.554	23.550	120.4%	0	0	0
	Región 1	82%	0.619	2.933	473.8%	1	0	-1
	Región 2	163%	1.225	3.017	246.3%	2	0	-2
	Región 3	211%	1.564	2.822	180.4%	6	0	-6
	Región 4	72%	2.672	16.249	608.1%	0	0	0
Producto BBV	Total Nacional	56%	9.801	45.281	462.0%	0	0	0
	Región 1	65%	2.009	12.221	608.2%	2	0	-2
	Región 2	128%	2.631	6.641	252.4%	1	0	-1
	Región 3	183%	1.694	2.755	162.7%	4	0	-4
	Región 4	70%	4.137	25.822	624.2%	1	0	-1
Producto CCV	Total Nacional	87%	7.078	9.654	136.4%	0	0	0
	Región 1	103%	0.145	0.702	482.5%	3	0	-3
	Región 2	348%	0.168	0.310	185.3%	3	0	-3
	Región 3	146%	0.574	0.713	124.2%	1	0	-1
	Región 4	101%	1.726	8.451	489.6%	1	0	-1
Producto DDV	Total Nacional	59%	23.136	26.672	115.3%	0	0	0
	Región 1	77%	0.845	4.254	503.6%	1	0	-1
	Región 2	126%	1.096	3.797	346.5%	4	0	-4
	Región 3	185%	4.228	4.254	100.6%	1	0	-1
	Región 4	67%	2.643	15.868	600.3%	0	0	0
Producto EEV	Total Nacional	65%	14.697	13.335	90.7%	0	0	0
	Región 1	89%	0.593	2.895	488.0%	2	0	-2
	Región 2	134%	1.258	3.432	272.8%	1	0	-1
	Región 3	203%	0.963	1.490	154.7%	0	0	0
	Región 4	85%	1.134	6.751	595.5%	0	0	0
Producto FFV	Total Nacional	84%	13.674	10.978	80.3%	0	1	1
	Región 1	203%	0.125	0.261	208.9%	7	1	-6
	Región 2	167%	0.671	1.547	230.6%	0	0	0
	Región 3	334%	0.493	0.809	164.0%	5	26	21
	Región 4	91%	1.462	9.132	624.5%	0	5	5
Producto GGV	Total Nacional	56%	30.907	39.902	129.1%	0	0	0
	Región 1	117%	1.146	5.670	494.9%	1	2	1
	Región 2	160%	1.023	3.540	346.1%	7	0	-7
	Región 3	81%	6.275	7.939	126.5%	0	0	0
	Región 4	68%	5.250	25.145	479.0%	0	0	0
Producto HHV	Total Nacional	82%	15.285	13.932	91.1%	0	0	0
	Región 1	130%	0.919	3.905	424.7%	6	2	-4
	Región 2	180%	1.042	3.580	343.7%	5	0	-5
	Región 3	189%	1.207	1.303	108.0%	0	0	0
	Región 4	94%	1.326	6.763	510.2%	2	0	-2

14			Categoria I			Categoria I		
CATEGORÍA V	NIVEL	Variabilidad de Demanda	Inventario Promedio			Quiebre Inventario		
			Lean	Plan	%	Lean	Plan	Dif
Producto IIV	Total Nacional	77%	14.224	12.520	88.0%	0	0	0
	Región 1	114%	0.561	2.491	444.0%	4	0	-4
	Región 2	209%	0.681	1.607	235.9%	1	0	-1
	Región 3	269%	0.670	1.242	185.2%	2	0	-2
	Región 4	98%	1.367	8.360	611.4%	2	0	-2
Producto JJJV	Total Nacional	73%	13.239	12.213	92.3%	0	0	0
	Región 1	124%	0.400	1.646	411.6%	4	2	-2
	Región 2	165%	1.089	2.873	263.9%	3	0	-3
	Región 3	211%	0.631	1.387	220.0%	4	0	-4
	Región 4	84%	0.952	7.198	756.3%	0	0	0
Producto KKKV	Total Nacional	59%	8.298	39.921	481.1%	0	0	0
	Región 1	78%	1.412	6.766	479.2%	4	0	-4
	Región 2	139%	1.297	3.657	282.1%	5	0	-5
	Región 3	149%	5.924	5.550	93.7%	0	0	0
	Región 4	66%	4.177	25.933	620.9%	1	0	-1

15			Categoría I			Categoría I		
CATEGORÍA VI	NIVEL	Variabilidad de Demanda	Inventario Promedio			Quiebre Inventario		
			Lean	Plan	%	Lean	Plan	Dif
Producto AVI	Total Nacional	138%	1.304	0.769	59.0%	0	10	10
	Región 1	716%	0.005	0.013	287.2%	6	13	7
	Región 2	396%	0.051	0.060	117.9%	6	14	8
	Región 3	1051%	0.012	0.012	101.9%	11	4	-7
	Región 4	143%	0.257	0.754	292.9%	3	10	7
Producto BVI	Total Nacional	37%	32.673	164.849	504.5%	0	0	0
	Región 1	90%	2.679	12.877	480.7%	0	0	0
	Región 2	68%	5.765	15.198	263.6%	0	0	0
	Región 3	55%	8.371	14.117	168.6%	0	0	0
	Región 4	41%	25.370	124.928	492.4%	0	0	0
Producto CVI	Total Nacional	67%	9.783	37.825	386.6%	1	0	-1
	Región 1	105%	0.745	2.812	377.6%	3	0	-3
	Región 2	73%	1.949	4.383	224.9%	0	0	0
	Región 3	79%	1.585	2.487	156.9%	0	0	0
	Región 4	82%	6.609	29.356	444.2%	1	0	-1
Producto DVI	Total Nacional	54%	5.443	11.350	208.5%	0	0	0
	Región 1	99%	0.343	1.009	294.6%	0	1	1
	Región 2	110%	0.505	1.133	224.4%	2	0	-2
	Región 3	111%	0.433	0.790	182.4%	0	0	0
	Región 4	65%	1.785	8.827	494.6%	1	0	-1
Producto EVI	Total Nacional	69%	5.117	21.477	419.7%	0	0	0
	Región 1	112%	0.544	2.095	385.1%	5	0	-5
	Región 2	71%	1.807	3.519	194.8%	1	0	-1
	Región 3	102%	1.529	2.467	161.4%	0	0	0
	Región 4	94%	4.088	14.267	349.0%	1	0	-1
Producto FVI	Total Nacional	46%	11.156	31.361	281.1%	0	0	0
	Región 1	126%	0.712	2.066	290.3%	0	0	0
	Región 2	101%	0.606	1.797	296.7%	0	1	1
	Región 3	89%	2.568	3.862	150.4%	0	0	0
	Región 4	53%	5.795	24.378	420.7%	0	0	0
Producto GVI	Total Nacional	73%	6.161	6.072	98.5%	0	0	0
	Región 1	124%	0.429	1.317	307.0%	3	0	-3
	Región 2	192%	0.209	0.420	201.0%	4	5	1
	Región 3	153%	0.135	0.178	131.7%	3	0	-3
	Región 4	95%	1.111	4.713	424.4%	2	0	-2
Producto HVI	Total Nacional	54%	5.728	5.573	97.3%	0	0	0
	Región 1	100%	0.058	0.224	387.9%	1	0	-1
	Región 2	106%	0.211	0.432	204.5%	2	0	-2
	Región 3	136%	0.118	0.226	191.4%	1	0	-1
	Región 4	61%	1.174	4.847	413.0%	0	0	0
Producto IVI	Total Nacional	99%	6.081	5.566	91.5%	0	0	0
	Región 1	158%	0.075	0.226	302.8%	2	0	-2
	Región 2	204%	0.361	0.667	184.7%	3	0	-3
	Región 3	194%	0.094	0.154	163.4%	4	1	-3
	Región 4	110%	1.442	4.793	332.4%	5	0	-5
Producto JVI	Total Nacional	111%	2.309	1.602	69.4%	2	0	-2
	Región 1	213%	0.024	0.088	370.3%	7	1	-6
	Región 2	279%	0.112	0.195	173.8%	0	0	0
	Región 3	295%	0.084	0.085	101.0%	0	6	6
	Región 4	124%	0.369	1.375	372.9%	3	0	-3
Producto KVI	Total Nacional	49%	4.135	8.835	213.7%	0	0	0
	Región 1	110%	0.335	0.891	266.1%	0	0	0
	Región 2	56%	0.991	2.069	208.7%	0	0	0
	Región 3	84%	0.259	0.478	184.6%	0	0	0
	Región 4	68%	1.348	5.734	425.3%	1	0	-1
Producto LVI	Total Nacional	115%	2.058	3.413	165.9%	0	0	0
	Región 1	171%	0.141	0.368	260.2%	7	0	-7
	Región 2	125%	0.290	0.558	192.4%	0	0	0
	Región 3	205%	0.113	0.231	203.9%	6	4	-2
	Región 4	142%	0.904	2.639	291.8%	4	0	-4

16			Categoría I			Categoría I		
CATEGORÍA VI	NIVEL	Variabilidad de Demanda	Inventario Promedio			Quiebre Inventario		
			Lean	Plan	%	Lean	Plan	Dif
Producto MVI	Total Nacional	44%	6.271	6.551	104.5%	0	0	0
	Región 1	98%	0.204	0.682	334.8%	1	0	-1
	Región 2	81%	0.337	0.736	218.5%	2	8	6
	Región 3	75%	0.165	0.248	150.0%	0	2	2
	Región 4	52%	1.087	5.108	469.8%	0	0	0
Producto NVI	Total Nacional	71%	5.710	6.443	112.8%	0	0	0
	Región 1	210%	0.209	0.492	236.1%	5	8	3
	Región 2	140%	0.281	0.643	228.6%	2	0	-2
	Región 3	168%	0.136	0.214	157.6%	0	0	0
	Región 4	81%	1.171	5.484	468.4%	3	0	-3
Producto OVI	Total Nacional	111%	2.592	1.921	74.1%	0	1	1
	Región 1	139%	0.032	0.144	453.7%	1	0	-1
	Región 2	273%	0.041	0.106	256.3%	2	0	-2
	Región 3	197%	0.129	0.222	173.1%	0	0	0
	Región 4	126%	0.237	1.574	664.3%	1	0	-1
Producto PVI	Total Nacional	57%	4.133	3.433	83.1%	0	0	0
	Región 1	105%	0.045	0.180	397.9%	3	0	-3
	Región 2	156%	0.212	0.406	192.0%	0	0	0
	Región 3	140%	0.145	0.168	116.3%	0	0	0
	Región 4	64%	0.706	2.835	401.8%	0	0	0

De esta información, se obtiene el siguiente resumen, que muestra los promedios de las variables, logrados en la simulación de cada metodología de planificación.

Cuadro 15: Resumen de datos promedios obtenidos de la simulación de planificación de las metodologías lean agile y tradicional basada en plan de ventas

Categoría	Relación de Inventario Plan/Lean %			%de Quiebres		
	Relación (%)	Nº Datos	Datos <100%	Lean	Plan	Plan/Lean(%)
Categoría I	324	60	1	0.85	0.90	1.06
Categoría II	283	235	15	1.02	1.77	1.74
Categoría III	327	35	0	1.61	1.68	1.04
Categoría IV	345	100	3	0.76	1.30	1.71
Categoría V	304	315	21	0.98	0.72	0.73
Categoría VI	263	80	7	0.85	0.64	0.75
	301	825	47	0.97	1.14	1.17

Fuente: elaboración propia

Finalmente, se destaca la alta variabilidad de la venta diaria en los datos procesados, definida como la desviación estándar de la venta diaria entre la demanda diaria promedio. Esto se puede resumir en el siguiente cuadro:

Cuadro 16: Variabilidad de la venta diaria

Variabilidad	Resultado
Promedio	116%
Desviación estándar	83%
Varianza	72%
Máxima	1051%
Mínima	37%

Fuente: elaboración propia

4.1 Evaluación cuantitativa

En la evaluación cuantitativa de la aplicabilidad de la metodología de planificación *lean agile*, se han determinado las siguientes variables:

Variables independientes:

- Metodología de planificación que aplica los conceptos *lean* y *agile*, que está basada en reabastecer la venta diaria (o de un periodo) utilizando lotes pequeños y realizando el abastecimiento al ritmo de la demanda real
- Metodología de planificación tradicional que está basada en pronósticos de **plan** de ventas y abastecimiento de este plan al 100% con lotes grandes semanales

Variables dependientes:

- Variable **inventario promedio**, definido como el inventario diario promedio del producto durante los 177 días tomados para la evaluación: este inventario dentro de una visión de valor está relacionado con el nivel de costos financieros, costos de almacenamiento, nivel de riesgo de pérdidas por materiales obsoletos guardados en almacén por baja rotación, nivel de producto fresco y flexibilidad y agilidad de la cadena de suministro para realizar lanzamientos o relanzamientos de productos
- Variable **quiebre de inventario**, definido como el número de veces en que el *stock* o inventario final resultó con valor negativo, es decir, faltó inventario para completar

los pedidos de ventas del día, evaluando esto durante los 177 días tomados para la comparación. Este inventario, dentro de una visión de valor, está relacionado con la utilidad perdida por venta perdida, riesgo de pérdida de clientes y nivel de servicio que se le da al cliente al disponer de inventario para atender sus necesidades. En este sentido, la simulación solo ha contemplado la disposición de productos en el almacén, más no el efecto de quiebre de inventario que se podría generar en los repartos a tiempo de los productos a los clientes, dado que esta situación se considera común a ambas metodologías.

Para realizar la evaluación cuantitativa de los datos obtenidos al simular las metodologías de planificación descritas, se ha aplicado un análisis de correlación estadística que se describe a continuación.

El objetivo del análisis de correlación es medir el grado de asociación lineal que existe entre dos variables: X e Y. Es así que el coeficiente que mide la relación lineal que existe entre dos variables cuantitativas (medidas en escala de intervalo o razón) es el coeficiente de correlación de Pearson (ρ): el estimador de este coeficiente ρ es r y se calcula de la siguiente forma:

$$r = \frac{n \sum_{i=1}^n X_i \cdot Y_i - \sum_{i=1}^n X_i \cdot \sum_{i=1}^n Y_i}{\sqrt{[n \sum_{i=1}^n X_i^2 - (\sum_{i=1}^n X_i)^2] \cdot [n \sum_{i=1}^n Y_i^2 - (\sum_{i=1}^n Y_i)^2]}}$$

Este coeficiente toma valores entre -1 y +1. Si tiende a +1, la relación lineal entre las variables es directa y fuerte; si tiende a -1, la relación es inversa y fuerte; y, si tiende a cero, no existe correlación entre las variables.

Para probar las hipótesis de que no existe correlación entre las variables

$$H_0 : \rho = 0$$

$$H_1 : \rho \neq 0$$

Se utiliza el siguiente estadístico de prueba (Miller 1986):

$$Z = \frac{\sqrt{n-3}}{2} \ln \left[\frac{(1+r)(1-\rho)}{(1-r)(1+\rho)} \right] \sim N(0,1)$$

Donde:

r es el coeficiente de correlación muestral

ρ es el coeficiente de correlación poblacional

n es el tamaño de la muestra

Al aplicar estos conceptos estadísticos a los datos obtenidos en las simulaciones realizadas con la metodología de planificación basada en los conceptos *lean* y *agile* y la metodología de planificación tradicional basada en los pronósticos de planes de ventas, se obtuvieron los siguientes resultados:

- A. El primer análisis estadístico se realizó a fin de determinar la correlación que existe entre los niveles de inventarios que se obtienen al utilizar una u otra metodología de planificación y, a su vez, si una de ellas presenta alguna ventaja sobre la otra:
- Para el análisis estadístico, se utilizó el *software* Statistical Package for the Social Sciences (SPSS), versión 18.
 - La prueba de hipótesis para verificar la existencia de correlación entre los niveles de inventario promedio utilizando las metodologías de planificación con conceptos *lean agile* y tradicional es significativa al nivel de 0.001 (significancia bilateral = 0). El coeficiente de Pearson resultó $r = 0.899$, lo que indica una alta correlación lineal directa.

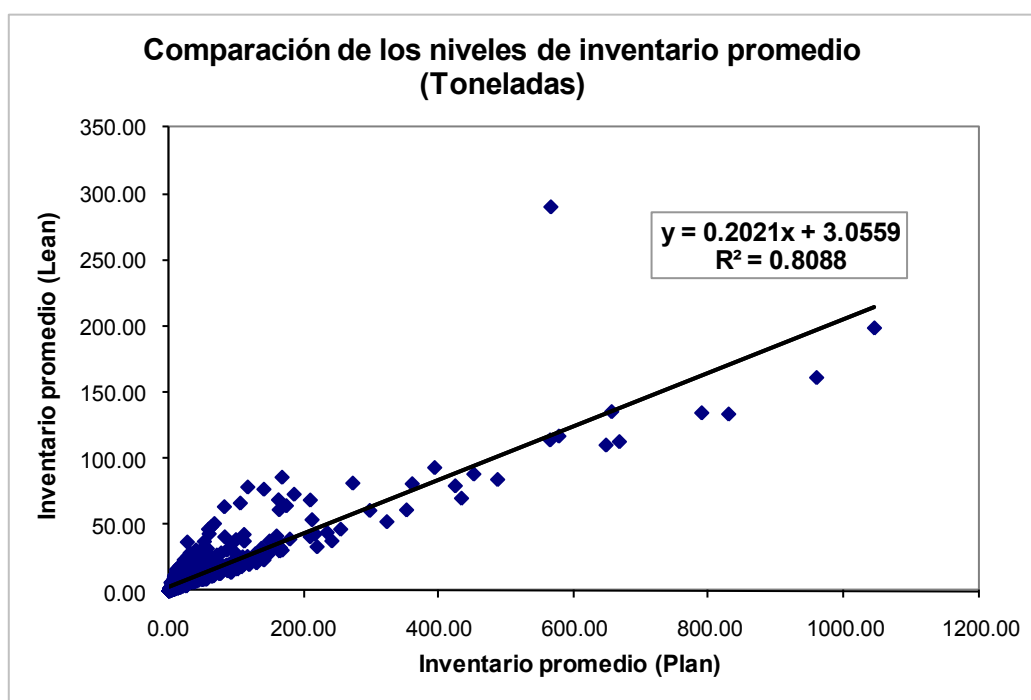
Cuadro 17: Datos de correlación de los inventarios promedios

Correlaciones		Inventario promedio (lean agile)	Inventario promedio (Tradicional)
Inventario promedio (lean agile)	Correlación de Pearson	1	,899
	Sig. (bilateral)		,000
	N	825	825
Inventario promedio (Tradicional)	Correlación de Pearson	,899	1
	Sig. (bilateral)	,000	
	N	825	825

** . La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

Fuente: elaboración propia

Figura 20: Gráfica comparativa de los inventarios promedios



Fuente: elaboración propia

- Al segmentar el análisis de correlación por categoría de producto, se encontró como resultado que, también, se mantienen los niveles altos de correlación entre las mediciones de inventario utilizando ambas metodologías de planificación simuladas, tal como se muestra en la siguiente tabla:

Cuadro 18: Datos de correlación de inventarios promedios para diferentes categorías simuladas

Correlaciones según categoría de producto			Inventario promedio (<i>lean agile</i>)	Inventario promedio (Tradicional)
1	Inventario promedio (<i>lean agile</i>)	Correlación de Pearson Sig. (bilateral) N	1 60	,855 ,000 60
	Inventario promedio (Tradicional)	Correlación de Pearson Sig. (bilateral) N	,855 ,000 60	1 60
2	Inventario promedio (<i>lean agile</i>)	Correlación de Pearson Sig. (bilateral) N	1 235	,755 ,000 235
	Inventario promedio (Tradicional)	Correlación de Pearson Sig. (bilateral) N	,755 ,000 235	1 235
3	Inventario promedio (<i>lean agile</i>)	Correlación de Pearson Sig. (bilateral) N	1 35	,869 ,000 35
	Inventario promedio (Tradicional)	Correlación de Pearson Sig. (bilateral) N	,869 ,000 35	1 35
4	Inventario promedio (<i>lean agile</i>)	Correlación de Pearson Sig. (bilateral) N	1 100	,945 ,000 100
	Inventario promedio (Tradicional)	Correlación de Pearson Sig. (bilateral) N	,945 ,000 100	1 100
5	Inventario promedio (<i>lean agile</i>)	Correlación de Pearson Sig. (bilateral) N	1 315	,862 ,000 315
	Inventario promedio (Tradicional)	Correlación de Pearson Sig. (bilateral) N	,862 ,000 315	1 315
6	Inventario promedio (<i>lean agile</i>)	Correlación de Pearson Sig. (bilateral) N	1 80	,956 ,000 80
	Inventario promedio (Tradicional)	Correlación de Pearson Sig. (bilateral) N	,956 ,000 80	1 80

** La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

Fuente: elaboración propia

- En vista de que la distribución de la diferencia de inventarios promedio obtenidos con uno y otro método no se distribuye normalmente, requisito necesario para utilizar herramientas paramétricas, se ha utilizado la prueba de rangos con signo de Wilcoxon, a fin de verificar si, efectivamente, con el método de planificación *lean*

agile, se obtiene una reducción de los inventarios en comparación con el método tradicional. La prueba de rangos con signos de Wilcoxon permitió verificar si hay diferencias entre las distribuciones de dos poblaciones a partir de dos muestras relacionadas. El análisis se realizó a partir de datos recolectados en pares. Con ello, las hipótesis fueron las siguientes:

H_0 : las muestras proceden de poblaciones con la misma distribución de frecuencias.

H_1 : hay diferencias respecto de la tendencia central de las poblaciones.

El estadístico de prueba es Anderson (2008):

$$Z = \frac{T - \mu_T}{\sigma_T}$$

El cual se distribuye bajo una distribución normal donde:

$$\mu_T = \frac{n(n+1)}{4} \quad \sigma_T^2 = \frac{n(n+1)(2n+1)}{24}$$

T es la menor diferencia de las dos sumas de rangos

Como se observa en el cuadro de estadísticos de contraste, al nivel de 0.01, hay diferencias estadísticamente significativas en la tendencia central de la distribución (Sig. Asintót (bilateral) = 0 < 0.01).

Se aprecia un nivel de inventario promedio menor utilizando la metodología *lean agile* (9.87 Tn) en comparación con el método tradicional (33.71 Tn).

Cuadro 19: Comparativo estadístico de inventarios promedio

Estadísticos de muestras

		Media	N	Desviación típ.	Error típ. de la media
Par 1	Inventario promedio (<i>lean agile</i>)	9,87	825	21,66	,754220
	Inventario promedio (Tradicional)	33,71	825	96,41	3,356542

Rangos

		N	Rango promedio	Suma de rangos
Inventario promedio (<i>lean agile</i>) - Inventario promedio (Tradicional)	Rangos negativos	778 ^a	420,87	327439,00
	Rangos positivos	47 ^b	282,68	13286,00
	Empates	0 ^c		
	Total	825		

a. Inventario promedio (*lean agile*) < Inventario promedio (Tradicional)

b. Inventario promedio (*lean agile*) > Inventario promedio (Tradicional)

c. Inventario promedio (*lean agile*) = Inventario promedio (Tradicional)

Estadísticos de contraste^b

	Inventario promedio (<i>lean agile</i>) - Inventario promedio (Tradicional)
Z	-22,942 ^a
Sig. asintót. (bilateral)	,000

a. Basado en los rangos positivos

b. Prueba de los rangos con signo de Wilcoxon

Fuente: elaboración propia

- B. El segundo análisis estadístico se realizó con el objetivo de analizar el número de días en los que faltó inventario (quiebre de inventarios). También, se pudo apreciar una diferencia estadísticamente significativa en las distribuciones de esta variable para las metodologías en estudio (sig. asintót. (bilateral) = 0 < 0.01). Con la metodología de planificación *lean* y *agile*, se obtiene, en promedio, 1.7 días de quiebre en comparación con la metodología de planificación tradicional, que obtiene, aproximadamente, 2 días de quiebre.

A continuación, se muestra las tablas con los resultados obtenidos:

Cuadro 20: Comparativo estadístico de días quiebre o falta de inventarios

Estadísticos descriptivos								
	N	Media	Desviación típica	Mínimo	Máximo	Percentiles		
						25	50 (Mediana)	75
quiebre Plan	825	2,01	5,565	0	42	,00	,00	,00
quiebre <i>lean</i>	825	1,72	2,402	0	26	,00	1,00	3,00

Prueba de los rangos con signo de Wilcoxon:

Rangos				
		N	Rango promedio	Suma de rangos
quiebre <i>lean</i> – quiebre Plan	Rangos negativos	136 ^a	322,56	43868,00
	Rangos positivos	339 ^b	204,08	69182,00
	Empates	350 ^c		
	Total	825		

- a. quiebre *lean* < quiebre Plan
- b. quiebre *lean* > quiebre Plan
- c. quiebre *lean* = quiebre Plan

Estadísticos de contraste ^b	
	quiebre <i>lean</i> > quiebre Plan
Z	-4,242 ^a
Sig. asintót. (bilateral)	,000

- a. Basado en los rangos negativos.
- b. Prueba de los rangos con signo de Wilcoxon

Fuente: elaboración propia

4.2 Evaluación cualitativa

Como se mencionó líneas arriba, la investigación tomó como muestra, no probabilística, el caso de seis empresas ubicadas en la lista de las treinta empresas de alimentos envasados más grandes en ventas en el Perú, que ocupan los primeros lugares en participación de mercado en las categorías en las que participan. Dentro de estos casos, se buscó una muestra homogénea por conveniencia (Hernández 2010), de treinta y tres profesionales con experiencia en la gestión de cadena de suministro, quienes, profesionalmente, conocen el tema de planificación de la misma en la industria de consumo masivo.

Para la recolección de datos cualitativos, se utilizó el método de entrevistas semiestructuradas, basadas en una guía de preguntas del tipo abiertas y cerradas, en las cuales el entrevistado podía introducir preguntas a fin aclarar los conceptos, y del tipo individual o grupal según las facilidades logradas en cada caso.

Las reuniones para entrevistas siguieron la estructura mostrada a continuación y todas ellas fueron grabadas y transcritas, a manera de registro, clasificando las entrevistas por grupo de entrevistados:

- Agradecimiento por haber aceptado participar en la investigación
- Comunicación del objeto de la reunión y marco de la misma
- Presentación de los conceptos *lean* y *agile*, y su evolución en el tiempo
- Explicación de la metodología de planificación desarrollada
- Explicación de la data recopilada y simulaciones realizadas
- Presentación de los resultados obtenidos de la evaluación cuantitativa
- Explicación de las preguntas y encuesta
- Registro de las repuestas por cada participante
- Discusión abierta y comentarios finales
- Agradecimiento y cierre de las entrevistas

El desarrollo de las reuniones facilitó que los entrevistados puedan hacer interrupciones que les permitan preguntar o comentar experiencias particulares sobre lo expuesto. En todo momento, hubo libertad para dar opiniones que podían enriquecer la data requerida.

Para las entrevistas, se tomó en cuenta dos conceptos: el primero, la aplicabilidad de los conceptos *lean* y *agile* en la industria de consumo masivo de alimentos envasados y, el segundo, la estructura lógica y aplicabilidad de la metodología de planificación desarrollada. Sobre la base de estos, se estructuraron las preguntas y se procesaron las respuestas de los profesionales entrevistados.

Específicamente, la estructura de las entrevistas y encuestas estuvo basada en las siguientes preguntas abiertas:

Datos Generales:

- Datos Generales del entrevistado y de la empresa
- Características particulares de la cadena de suministro de la empresa
- Conocimiento y aplicación los conceptos *lean* y *agile* (también, se proyectaba su aplicación)

Aplicabilidad de los conceptos *lean* y *agile* en la industria de consumo masivo de alimentos envasados

- Opinión general sobre los conceptos *lean* y *agile* explicados
- Opinión de la aplicabilidad de los conceptos *lean* y *agile* en la industria de alimentos envasados y otras empresas de la industria de consumo masivo
- Conclusiones sobre la aplicabilidad de estos conceptos

Metodología de planificación desarrollada con conceptos *lean* y *agile*

- Si la estructura de la metodología de planificación *lean agile* les parecía lógica, desde el punto de vista técnico, de ser así, por qué lo afirmaban.
- Información sobre la aplicabilidad de la metodología de planificación *lean agile* en los productos que planifican en sus empresas y en qué casos el entrevistado tiene dudas de la aplicabilidad en sus productos.
- Si luego de conocer la metodología, el entrevistado recomendaba o no la aplicación de la misma o con qué limitaciones la recomendaría.
- De funcionar la metodología en la planificación de una cadena de suministro, cuál sería la clave para ello.
- Qué recomendaciones puede dar para mejorar la metodología de planificación.

- Qué conclusiones finales sobre la aplicabilidad de la metodología de planificación puede formular.

Al final de la entrevista, se realizaron encuestas a los profesionales a fin de cuantificar el grado de aplicabilidad de la metodología *lean* y *agile* desarrollada en diferentes industrias de consumo masivo de alimentos envasados y otras industrias de consumo masivo en las que el entrevistado tenía experiencia profesional. Estas preguntas utilizaron una calificación según la escala de Likert (Hernández 2010), que se muestra a continuación:

- Calificativo 1: nada aplicable
- Calificativo 2: poco aplicable
- Calificativo 3: dudas de que pueda aplicarse o no
- Calificativo 4: puede aplicarse en una buena cantidad de productos
- Calificativo 5: es altamente aplicable

Finalmente, la entrevista y la encuesta se cerraron preguntando a cada entrevistado sobre las ventajas definidas por diferentes autores, al aplicar los conceptos *lean* y *agile* en la industria de consumo masivo de alimentos envasados. En este caso, también, se utilizó una escala de Likert para calificar el grado de aplicabilidad de cada ventaja definida, donde 1 es el calificativo más bajo y 5 el calificativo más alto. Las ventajas definidas para esta evaluación fueron las siguientes:

- Reducción de productos obsoletos
- Reducción de los inventarios
- Mayor flexibilidad de la cadena de suministro ante variaciones del mercado
- Mayor agilidad en la cadena de suministro
- Reducción de quiebres de inventarios
- Mejor atención a los clientes
- Reducción de costos en la cadena de suministro
- Mejor utilización de la capacidad de las líneas de producción
- Mejor utilización de la capacidad de las líneas de transporte
- Otras a especificar

Las respuestas obtenidas de los 33 entrevistados se muestran a continuación:

A. Conceptos *lean* y *agile*:

¿Cuáles son las opiniones sobre los conceptos *lean* y *agile*?

- El concepto *lean* puro (cero inventarios) no se ajusta a la realidad de muchos negocios en donde existe variabilidad de demanda significativa.
- El concepto *lean agile* es más acertado al considerar mantener inventarios en lugares estratégicos.
- *Lean agile* contempla inventarios pequeños, pero suficientes para no deteriorar el servicio al cliente, buscar agilizar los procesos y reducir costos.
- Son conceptos aplicables a diferentes industrias y/o partes de la cadena de suministro, orientados, no necesariamente, a una reducción de costos, sino, más bien, esto puede verse como una consecuencia, porque ayudan a responder a la demanda del mercado y a eliminar desperdicios (mudas) en la cadena de suministro.
- La aplicación de estos conceptos requieren de una plataforma tecnológica que permita que la información fluya de manera rápida y confiable a lo largo de la cadena de suministro; por lo tanto, la configuración de la herramienta tecnológica puede ser un tema importante a considerar.
- En conclusión, se pueden aplicar en productos de consumo masivo y en mercados con un comportamiento muy estable, conocido y maduro. Los conceptos pueden ser útiles en productos de consumo masivo de relativa baja variabilidad y productos no muy estacionales o de estacionalidades largas en el tiempo.
- En situaciones donde se tenga alta variedad de productos, se podría complicar su aplicación por los muchos cambios de formatos. Con base en ello, no serían muy aplicables para todas las industrias de alimentos, porque hay consideraciones que pueden afectar su aplicabilidad, como, por ejemplo,

estacionalidades, restricciones de abastecimiento de materias primas o insumos, restricciones de capacidades de líneas, número de productos que se fabrican en una misma línea de producción, longitud de la cadena y modelo comercial del negocio.

¿De acuerdo con su experiencia, en qué industrias de consumo masivo considera que se puede aplicar los conceptos *lean* y *agile*?

- Donde el tiempo de vida del producto sea corto. Con esta metodología, se podría producir en forma más frecuente, por lo que el riesgo de obsolescencia disminuiría y la frescura del producto sería mejor vista por el consumidor.
- En productos donde se puede conocer la historia de la demanda.
- En productos de gran volumen de venta, que tienen una fuerte rotación.
- En alimentos envasados, a excepción de helados, leches y categorías que presentan cierta estacionalidad en la oferta de materias primas o en la demanda de productos terminados.
- En las industrias de consumo masivo en general, adaptándolos a sus particularidades.
- En productos que se encuentran en un ciclo de vida cercano a la madurez.
- En donde exista pocos cambios de formatos en las líneas de producción.
- En industrias que tengan procesos donde se puedan aplicar actividades similares a las de ensamble y con un mismo producto base de materia prima.
- En resumen, se presenta una aplicación más favorable en categorías de productos que presenten escenarios con ventas lineales o niveladas durante el mes, pocos productos fabricados en una misma línea de producción, productos que permitan facilidad en los cambios de formatos, holgura de capacidad de producción y abastecimiento de materias primas bajo control.

¿Cuáles serían las conclusiones sobre la aplicabilidad de los conceptos *lean* y *agile*?

- Estos dos conceptos deberían aplicarse a todas las empresas, pero ajustándolas a sus realidades.
- Son aplicables solo para un grupo de productos y en los diferentes puntos de las cadenas.
- Los costos no son un objetivo de estos conceptos, sino una consecuencia.
- Están orientadas a la atención al cliente y el tomar como base la demanda real y el estar más cerca al punto de consumo incrementa las probabilidades de éxito en su aplicación.
- Son conceptos aplicables si se considera el ciclo de vida del producto, la estacionalidad, la masa crítica, el nivel de servicio y la adaptabilidad a la realidad de cada producto e industria y con un previo análisis costo / beneficio.
- Son aplicables, también, a productos estables, con ciclos de venta repetitivos y predecibles, y baja variabilidad de demanda.
- Es una aplicación que exige ciertos prerequisites de alineación de procesos dentro de la cadena de suministro.
- Requiere de tecnología para tener información en tiempo real, capacidad de producción holgada, capacidad de almacenaje y proveedores de calidad que puedan tener inventarios bajo su custodia.
- Permite una flexibilidad de la cadena de abastecimiento hacia el mercado, considerando y disminuyendo el impacto en la variabilidad de la demanda.
- Donde es aplicable, genera excelentes resultados, enfocados en términos de capital de trabajo. Por tanto, desde el punto de vista de los resultados financieros, son favorables; igualmente, como resultado de servicio al cliente, porque la metodología o la forma de cálculo está considerando un factor para llegar a un nivel de servicio con inventarios definidos.

B. Metodología de planificación con concepto *lean* y *agile*

¿La metodología explicada les parece lógica? ¿Por qué?

- Es lógica y viable, porque toma en consideración los principios básicos de disminución de tamaños de lote y, con ello, se puede lograr agilidad de respuesta ante los cambios del mercado para mejorar o mantener el nivel de servicio a los clientes (el tema de tamaños de lote es la clave de la metodología y concepto *lean agile*).
- Tiene lógica planificar por nodos o módulos, debido a que la reacción por la variabilidad será más óptima.
- De acuerdo con la metodología, es importante definir el valor Z del *stock* de seguridad que corresponda al nivel de servicio apropiado para cada punto dentro de la cadena de suministro, ya que, con ello, estamos asegurando un *stock* que soporte la variabilidad de cada punto.
- Algunos puntos que se podrían afinar antes de aplicar la metodología son definir si existe una relación beneficio costo positiva, dado que, si bien se reducen los inventarios, se podría caer en el riesgo de incrementar los costos de producción al tener cambios de formato más frecuentes o riesgo de subir los costos de transporte si no se tiene suficiente carga que consolide un camión lleno, o tener plantas y almacenes sobredimensionadas para el caso de producto estacional.
- En resumen, es necesario adaptar la aplicación de la metodología a cada producto y negocio. Es importante considerar, también, un adecuado abastecimiento o inventario de insumos y envases, a fin de garantizar que el eslabón previo de la cadena no genere quiebres de inventario en el siguiente eslabón.
- La metodología, también, es lógica, porque es secuencial y considera la variabilidad de la venta dentro del modelo y la variabilidad del *lead time* para definir el *stock* de seguridad; asegura un buen nivel de servicio con menor inventario, porque considera la cadena completa analizada por nodos o módulos y se fabrica o traslada solo lo vendido.
- Además, genera la oportunidad de mejora y ahorro con reducción de inventarios de producto terminado; asegura que, siempre, se tenga la cadena con el inventario y flujo necesario para garantizar el abastecimiento; define, también, la frecuencia de planificación y la correcta definición del *stock* de seguridad para

soportar esa frecuencia de planificación. Finalmente, se ha validado al aplicarla, en simulación, a distintas categorías.

- En resumen, es una metodología lógica y consecuente, que explica cada concepto por separado, propone el concepto combinado. Además, los resultados de las simulaciones o pruebas la validan.

¿En los productos que planifican, y según la data histórica recopilada de la venta de sus productos, en qué situaciones se tiene dudas de que esta metodología se pueda aplicar? ¿Por qué?

- Con alta estacionalidad en sus ventas, porque se requiere hacer inventarios previos, caso contrario, se requeriría de capacidades de plantas muy grandes.
- En aquellas categorías nuevas o en productos no maduros en el mercado, porque no se conoce el comportamiento del portafolio de productos en la demanda.
- Cuando el producto tiene muy poca masa crítica y poca rotación, porque se hacen pocos lotes al mes y los lotes mínimos de producción son muy superiores a la venta mensual. En estos casos, daría igual utilizar la metodología tradicional.
- Los productos que son subproductos de otros, porque la planificación y nivel de inventarios dependerá de la producción del producto principal.
- En productos que son a pedido o productos de exportación puntual, no rutinaria, porque la historia no es representativa para planificar.
- En productos con líneas de producción que tengan un porcentaje de utilización cercano al 100%, porque la mayor frecuencia de los cambios de formato podrían incrementar la indisponibilidad de la línea y esta no podría absorber la variabilidad de la venta.
- En productos que son impulsados con constantes promociones, porque requieren inventarios mayores para las fechas de la promoción, pues la base de planificación sería un pronóstico y no la venta histórica.

- En productos que dependen de una oferta de materia prima estacional, porque no se puede almacenar por temas de la vida útil de la materia prima o limitaciones tecnológicas.
- En productos con tiempos de cambios de formato muy altos, que no se puedan reducir.
- En productos que concentran sus ventas a fin de mes, es decir, con altos picos de venta, porque este tipo de venta requiere de altos niveles de inventario para afrontar dicho picos. Esto se puede corregir cambiando el modelo de incentivo de ventas y al mercado.
- Productos con tiempos de abastecimiento (*lead time*) altos, porque el beneficio de reducción de inventario se reduciría y se podría llegar a tener los mismos inventarios que la planificación tradicional

En una simulación donde se aplique la metodología con data histórica de productos en sus empresas, ¿considera que la metodología funcionaría? ¿En qué casos sí y en cuáles no?

Sí funcionaría en:

- Categorías maduras, en las que se conozca la tendencia de la demanda y esta se mantenga a lo largo del tiempo.
- Donde se tenga masa crítica, es decir, muchos lotes de producción; baja estacionalidad; en una cadena corta, donde se está más cerca de la demanda real; en una cadena eficiente, en la que se hayan aplicado, previamente, en las plantas, los conceptos *lean*; donde se tenga nivelada la venta semanal; donde se tenga suficiente capacidad de planta; donde sea posible reducir los lotes de producción y traslados.
- Productos de demanda estable (alta rotación), donde se tenga asegurado el abastecimiento de la materia prima para soportar la programación planteada.

En cambio, no funcionaría en:

- Un mercado incierto, en el que recién se esté ingresando.
- Categorías con alta estacionalidad, en donde no se cuente con capacidad de planta sobredimensionada para afrontar las ventas en meses pico.
- Productos con baja rotación.
- Donde se tenga un producto en proceso compartido con otros productos y la producción de los mismos esté “amarrada” entre ellos.
- Productos en crecimiento o que acaban de introducirse en el mercado.
- Líneas o productos cuyos cambios de formato involucren tiempos importantes y que no tienen capacidad disponible.
- Producto de muy corta vida y de mucha variabilidad.
- Productos con *lead time*, tiempos de abastecimiento largos.
- Productos sujetos a muchas promociones.
- Productos que son subproductos de otros.

¿Qué dudas tienen respecto de la aplicabilidad de la metodología presentada?

- La metodología se basa en la definición de la frecuencia de planificación, que toma como información los tamaños de lote, las capacidades de producción, almacenaje y transporte, y, con ello, realiza el cálculo del inventario de seguridad. Por tanto, para su aplicación, es clave realizar un análisis previo a fin de comprobar, para cada caso específico, si realmente se obtiene un ahorro en costos de inventario y almacenes que compense los posibles mayores costos por mayores cambios de formato en producción y, en el caso del transporte, si es posible lograr consolidar carga para despachar camión lleno y no hacer más caro el transporte.
- Dado que, en ciertos productos, no podríamos aplicar la metodología, es necesario hacer una segmentación de los mismos y aplicar ciertos requisitos para que puedan planificarse con esta metodología.
- La aplicación en productos, en mercados con crecimiento o decrecimiento, requiere actualizar el cálculo del inventario de seguridad con mayor frecuencia.

- En el caso de la logística de ingreso, se requiere asegurar un buen nivel de servicio del proveedor, que permita cubrir los inventarios de materia prima, y envases, que aseguren la continuidad de la operación de las líneas de producción.
- La aplicación de la metodología está sujeta a una verificación del nivel de servicio por lograr versus el costo resultante de la cadena de suministro.
- La metodología está basada en la confiabilidad de la planificación del módulo anterior, que asegure el abastecimiento al eslabón siguiente de la cadena. Por tanto, el desabastecer un módulo, puede ocasionar mayores quiebres de inventarios en el módulo siguiente. Esta situación, también, puede ocurrir en la planificación tradicional.
- La metodología no se aplica para ciertos productos con características de cadena explicados en respuestas a preguntas anteriores.
- La metodología está basada en una fórmula de *stock* de seguridad que estamos dando como válida, que no se cuestiona en la investigación. Sin embargo, da resultados positivos en la simulación realizada.
- La clave de la aplicación de los conceptos *lean* y *agile*, así como de la metodología de planificación, requiere de una decisión de cambio en toda la empresa (que debe venir de la alta dirección) y de trasladar la aplicabilidad de los conceptos a proveedores y al cliente.
- La metodología se puede aplicar solo con herramientas tecnológicas, por tanto, para aplicarla, se requiere adaptar la herramienta tecnológica que disponga la empresa. Sin esta herramienta, se requeriría de muchas personas para realizar la planificación de la producción en las líneas de envasado y en la red de distribución.
- Es un modelo para planificar el corto plazo, que debe complementarse con otras metodologías para la planeación de largo plazo, a fin de asegurar el abastecimiento de materias primas y empaques que tengan altos tiempos de abastecimiento o *lead time*.
- Muchos de los profesionales entrevistados recomiendan realizar pilotos con corridas de pruebas.

¿La recomendarían? ¿Con qué limitaciones?

- Funcionaría correctamente en industrias maduras de empresas consolidadas con suficiente historial de ventas registrado y variabilidad de venta razonable, adaptándola a cada realidad por industria o empresa y tipología de productos.
- Para lograr resultados, se recomienda que, previamente, se cumplan los principios básicos del *lean*: disminuir los tamaños de lote, aumentar las frecuencias de producción y traslados, lograr que las ventas semanales sean parejas y no se concentren a fin de mes, y lograr reducciones en los tiempos de cambio de formatos. Además, es necesario contar con capacidades de líneas de producción y de la red logística con suficiente holgura para poder reaccionar a la variabilidad de la venta.
- Como no se aplica para todos los productos, se recomienda hacer una segmentación con aquellos que sí aplican, haciendo una evaluación costo / beneficio integral de la cadena, a fin de determinar si la reducción del inventario de producto terminado compensa los incrementos de inventario de materias primas y envases, y los sobrecostos de traslados por falta de disponibilidad de unidades cuando no se cuente con un operador logístico o no se pueda consolidar carga para completar camiones.
- La metodología es muy útil como marco conceptual y lineamiento para eliminar desperdicios sin afectar nivel de servicio. Es aplicable en empresas donde se tengan políticas empresariales que permitan implementar los cambios y que cuenten con personal que “se compre” los conceptos *lean* y *agile*, y también en aquellas que tengan un sistema tecnológico de soporte robusto con un *software* adecuado para operar la metodología.
- Un punto importante para considerar en la metodología es que, en el escenario de una empresa con un producto en crecimiento, habría que afectar al cálculo del *stock* de seguridad con un factor de crecimiento y, en caso se aplique para un modelo de producción que considere cierta estacionalidad, es necesario considerar el periodo anterior estacional afectado con un factor de estacionalidad.

¿Cuáles serían las conclusiones sobre la aplicabilidad de la metodología de planificación *lean agile* presentada en la industria de consumo masivo de alimentos envasados?

- Es una metodología aplicable en industrias maduras, en donde se conozca, por lo menos, el comportamiento de la demanda (las tendencias); también, es aplicable en mercados o productos estables y predecibles.
- No se puede aplicar en todas las categorías: las de alta estacional serían complicadas si no se cuenta con suficiente capacidad de reacción.
- Su aplicabilidad debe evaluar el beneficio económico, porque, en teoría, se mejora el nivel de servicio a los clientes internos y externos. Es importante, también, analizar los temas de capacidades disponibles y el tamaño mínimo de lote antes de implementarla.
- Es importante contar con el abastecimiento de proveedor para asegurar que se mantenga la metodología de planificación.
- Para aplicarla, debe haber un compromiso de todo el equipo que compone la cadena (especialmente, de la alta gerencia).
- Esta metodología se adapta mejor a la realidad de la industria actual; es fácil de aplicar una vez conocidos los conceptos y es posible adaptarla a la mayor parte de alimentos envasados.
- No se aplica en todos los productos. Se aplica en productos sin estacionalidad marcada. Además, se aplica a negocios consolidados de demanda sostenida o creciente. No puede aplicarse en productos que dependan fuertemente de abastecimientos estacionales de materias primas o insumos especiales (en general, de logísticas complejas) en donde se tiene que tener, obligatoriamente, inventarios.
- Propone un análisis distinto del inventario e introduce el factor servicio en la definición del *stock* de seguridad. Asimismo, permite un orden en la planificación, es decir, busca mantener una base constante. Finalmente, tiene un alto potencial de aplicación, pero con condiciones, como Información confiable

(inventario, demanda), infraestructura (desarrollo de aplicación en el sistema de información) y productos que tengan poca variedad.

¿Cuál considera que es la clave para que esta metodología funcione?

- Aplicarla en categorías muy estables para que los resultados sean visibles y el personal de la empresa crea en la metodología (“la compre”) y un alto nivel de compromiso de todas las personas involucradas en la empresa (especialmente, de la alta gerencia).
- Trabajar previamente los conceptos *lean* en las plantas productoras, establecer los lotes mínimos de producción en función de la capacidad de la planta, disponer de información confiable en línea, tener confiabilidad en los procesos y mantener alianzas con proveedores estratégicos de materia prima y empaques, de modo que la implementación sea un éxito.
- Una fuerte organización de la planificación (que lidere la implantación y el mantenimiento del uso de esta metodología), información histórica disponible, información rápida y exacta del punto de venta –todo esto sumado a un sistema de información en tiempo real.
- Plantas de producción preparadas para tener velocidad de respuesta para toda la variedad de productos, trabajar con lotes pequeños de producción, contar con almacenes con suficiente capacidad y transporte que permitan consolidar cargas para operar traslados con camión lleno.

¿Qué recomendaciones daría a fin de mejorar la metodología presentada?

- Considerar que esta metodología debe ser dinámica, en el sentido que se debe tomar en cuenta estacionalidades y revisión de la información base (productos en crecimiento o decrecimiento).
- Evaluar periódicamente los niveles de inventarios (un punto clave es un correcto cálculo del inventario de seguridad para absorber las variaciones de la demanda

y de la cadena sin incurrir en altos inventarios) y considerar el factor de crecimiento.

- Considerar una medición de eficiencia de la metodología que vaya más allá del capital de trabajo reflejado en el nivel de inventario, como, por ejemplo, medir el nivel de servicio y verificar si realmente se ajusta al modelo.
- Medir los beneficios cualitativos y cuantitativos de su aplicación en cada parte de la cadena (cómo beneficia a abastecimiento, a producción, a distribución, etc.).
- los beneficios que se pueden lograr al emplear esta metodología en lugar de la tradicional
- Evaluar económicamente los beneficios que se pueden lograr con esta metodología en lugar de la tradicional; para ello, será importante segmentar los productos para su implantación.

Los resultados obtenidos sobre el grado de aplicabilidad de la metodología de planificación que utiliza los conceptos *lean agile*, utilizando la calificación de Likert, se muestran en el siguiente cuadro:

Cuadro 21: Resultados de encuesta de aplicabilidad de la metodología de planificación desarrollada

N°	Categoría	Industria	1	2	3	4	5	Total	Prom
1	Aceite en Botella	Alimentos					2	2	5.0
2	Aceite Granel	Alimentos					1	1	5.0
3	Arroz	Alimentos				1		1	4.0
4	Caramelos	Alimentos					1	1	5.0
5	Chicha morada	Alimentos	1	1	3	3		8	3.0
6	Chocolates	Alimentos		1		1		2	3.0
7	Cocoa en polvo	Alimentos					1	1	5.0
8	Crema de leche	Alimentos	1	4	2	1		8	2.4
9	Fideos envasados	Alimentos					5	5	5.0
10	Galletas	Alimentos			1	2	1	4	4.0
11	Grageas	Alimentos					1	1	5.0
12	Harinas	Alimentos				1		1	4.0
13	Helados	Alimentos	1	1				2	1.5
14	Jugos	Alimentos			3	5	1	9	3.8
15	Leche Condensada	Alimentos	1	1	2	2		6	2.8

N°	Categoría	Industria	1	2	3	4	5	Total	Prom
16	Leche evaporada	Alimentos		3	2	2	2	9	3.3
17	Leche UHT	Alimentos	1	1	1	5	1	9	3.4
18	Mantecas	Alimentos					1	1	5.0
19	Mantequilla	Alimentos		1	3	2	1	7	3.4
20	Margarinas	Alimentos				1	1	2	4.5
21	Mashmallos	Alimentos		1				1	2.0
22	Mayonesa	Alimentos					1	1	5.0
23	Menestras	Alimentos				1		1	4.0
24	Mermelada	Alimentos	1	2	2	2		7	2.7
25	Panetones	Alimentos	6	1	3			10	1.7
26	Pescado enlatado	Alimentos	5	1	1			7	1.4
27	Refrescos en polvo	Alimentos					1	1	5.0
28	Salsas envasadas	Alimentos					1	1	5.0
29	Shake	Alimentos	1	1	2	1		5	2.6
30	Te e infusiones	Alimentos	2					2	1.0

N°	Categoría	Industria	1	2	3	4	5	Total	Prom
31	Yogurts	Alimentos		1	1	5	3	10	4.0
32	Aguas de mesa	Bebidas				1	4	5	4.8
33	Bebidas carbonatadas	Bebidas					5	5	5.0
34	Bebidas no Carbonatadas	Bebidas			1		4	5	4.6
35	Líquidos hidratantes	Bebidas					1	1	5.0
36	Néctares	Bebidas	2		1	2		5	2.6
37	Café soluble	Alimentos					1	1	5.0
38	Bebidas chocolatadas	Alimentos					1	1	5.0
39	Salsas de tomate	Alimentos			1			1	3.0
40	Caldos tabletas	Alimentos		1				1	2.0
41	Caldos en polvo	Alimentos				1		1	4.0
42	Snacks papas fritas	Snacks		1				1	2.0
43	Snaks estruidos	Snacks				1		1	4.0
44	Snaks maiz	Snacks				1		1	4.0

Fuente: elaboración propia

A partir de este cuadro, se explica que, en los casos de leche y sus derivados, papas fritas, pescado, salsas de tomate, mermeladas y néctares, la aplicación es muy limitada por un tema de estacionalidad de la materia prima; en el caso de los helados, té e infusiones, y panetones, por un tema de la fuerte estacionalidad de las ventas; y, en los casos de caldos en tabletas y *marshmallows*, por limitaciones de capacidad de planta.

Los resultados obtenidos de las encuestas, sobre las posibilidades de aplicar la metodología de planificación *lean agile* en otras industrias de consumo masivo, se muestran en el cuadro siguiente (donde se observa que el calificativo asignado para un máximo de aplicabilidad es de 5.0):

Cuadro 22: Aplicabilidad de la metodología de planificación lean agile en otras industrias de consumo masivo

N°	Categoría	Industria	1	2	3	4	5	Total	Prom
1	Aguas de mesa	Bebidas				1	4	5	4.8
2	Bebidas carbonatadas	Bebidas					5	5	5.0
3	Bebidas no Carbonatadas	Bebidas			1		4	5	4.6
4	Liquidos hidratantes	Bebidas					1	1	5.0
6	Champú	Cosméticos				4		4	4.0
7	Desodorantes	Cosméticos				2	0	2	4.0
8	Fragancias	Cosméticos				4		4	4.0
9	Jabones de tocador	Cosméticos				1	1	2	4.5
10	Detergente en polvo	Detergente				1	1	2	4.5
11	Jabones de Lavar	Detergente					1	1	5.0
12	lapiz labial	Cosméticos					2	2	5.0
13	Esmaltes	Cosméticos					2	2	5.0
14	Cremas	Cosméticos				2	1	3	4.3
15	Talcos	Cosméticos				1	1	2	4.5

Fuente: elaboración propia

En cuanto a los resultados obtenidos en las entrevistas y encuestas, relacionados con las ventajas definidas al aplicar los conceptos *lean* y *agile* en la industria de consumo masivo de alimentos envasados, se obtuvieron las siguientes respuestas:

Cuadro 23: Resultado de la encuesta sobre ventajas de aplicar los conceptos lean y agile

Ventajas de aplicar los conceptos Lean y agile	Calificación						Promedio
	Total	1	2	3	4	5	
Reducción de obsoletos	33	0	0	5	16	12	4.2
Reducción de inventarios	33	0	0	0	10	23	4.7
Mayor flexibilidad ante variaciones del mercado	33	0	0	4	18	11	4.2
Mayor agilidad en la cadena de suministro	33	0	1	4	21	7	4.0
Reducción de quiebres de inventarios	33	2	4	8	16	3	3.4
Mejor atención a los clientes	33	3	1	5	17	7	3.7
Reducción de costos en la cadena	31	1	0	9	16	5	3.8
Mejor utilización de la capacidad de líneas de producción	32	1	0	13	13	5	3.7
Mejor utilización de la capacidad de transporte	32	2	2	13	10	5	3.4
Otras							

Fuente: elaboración propia

Estos resultados muestran que el aplicar los conceptos *lean* y *agile* presentan, en opinión de los profesionales entrevistados y encuestados, mayores ventajas en la reducción de inventarios, reducción de obsoletos, flexibilidad y agilidad en la cadena de suministro. Por otro lado, se podría interpretar como una ventaja media en la reducción de costos en la cadena de suministro una mejor atención a los clientes y una mejor utilización de la capacidad de las líneas de producción. No obstante, se puede interpretar como una ventaja menor lo relacionado con la reducción de quiebres de inventario y con la utilización de la capacidad de transporte.

4.3 Validación de la investigación aplicando el método Delphi

Dentro de la metodología de la tesis, se consideró aplicar el método Delphi para recabar información complementaria que permita centrar la investigación y establecer un juicio de opinión colectivo sobre los avances de la tesis.

Con este fin, se convocó dos reuniones de expertos. La primera reunión fue dirigida por el Doctor César Álvarez Falcón y tuvo como objetivo centrar el tema de la tesis con opiniones de especialistas (candidatos a doctores y profesionales con experiencia en el campo de la cadena de suministros) en el negocio de consumo masivo y recabar información complementaria a la recogida (brindada por dichos especialistas).

La segunda reunión fue dirigida por el Doctor César Álvarez Falcón y contó con la participación de los doctores Gustavo Guerrero Vásquez, Liliana Alvarado de Marsano y César Lama More. El objetivo de esta segunda reunión fue concertar un juicio colectivo sobre el avance del trabajo y aportar una serie de recomendaciones que, posteriormente, han sido tomadas en cuenta en la versión final de la tesis.

En la primera reunión, se siguió el programa que se describe a continuación:

- El Doctor César Álvarez Falcón, quien lideró la reunión, la inició explicando la teoría relacionada al Método Delphi y dio a conocer las reglas establecidas para el desarrollo de la reunión.

- Luego, el expositor de la tesis, señor Carlos Hernández Bazo, procedió a realizar una presentación sobre los avances de la investigación realizada:
 - Se presentaron los conceptos *lean* y *agile*, y su evolución a lo largo del tiempo, destacando la metodología de búsqueda de información realizada, la identificación de los principales autores y los conceptos tomados para desarrollar la metodología de planificación.
 - Se explicaron los objetivos de la investigación, los aportes de la investigación, el marco de la investigación y las hipótesis planteadas.
 - Se explicó la metodología de investigación seguida y el objetivo de aplicar el método Delphi para validar la misma.
 - Se presentó, detalladamente, la metodología desarrollada, la data histórica recopilada para simular la aplicación de la metodología, la forma en que se realizó la simulación, la forma en que se simuló la metodología de planificación tradicional y los primeros resultados cuantitativos que se obtuvieron.
 - Se explicó el tipo y diseño de la investigación, la forma no probabilística de selección de la muestra de datos y profesionales para realizar la investigación cualitativa y cuantitativa.
 - Se presentaron los avances de resultados de la evaluación cuantitativa, basada en la data real de ventas diarias de 156 productos distribuidos en cuatro regiones y a nivel nacional.
 - Se presentaron los resultados de la evaluación cualitativa preliminar (basada en entrevistas realizadas a profesionales con experiencia en gestión de cadenas de suministros de consumo masivo de alimentos envasados que trabajan en empresas líderes en el mercado de consumo masivo de alimentos envasados).
- Después de ello, el Doctor César Álvarez Falcón invitó a los participantes a realizar una primera ronda de preguntas y comentarios, y se tomaron notas de las mismas.
- Seguidamente, el expositor procedió a responder a las preguntas y comentarios formulados por los participantes.

- Posteriormente, se realizó una segunda ronda de preguntas y aportes, que fueron absueltas y registradas por el expositor de la tesis.
- Finalmente, el Doctor César Álvarez Falcón concluyó la reunión con los agradecimientos del caso.

Las conclusiones y principales recomendaciones a las que se llegaron en esta primera reunión Delphi fueron las siguientes:

- Se planteó mejoras en la redacción de los objetivos, hipótesis y resultados.
- Se recogió opiniones favorables sobre la metodología de planificación que utiliza los conceptos *lean*, la simulación de la misma y la forma de aplicar la metodología tradicional.
- Se recomendó incluir en la investigación alguna forma de evaluar la metodología considerando el valor al cliente.
- Se recogió opiniones favorables sobre la muestra de datos históricos recopilados para realizar la simulación de las metodologías de planificación.
- Se recogió opiniones favorables sobre la determinación de la muestra no probabilística tomada para seleccionar los profesionales y empresas de consumo masivo de alimentos envasados pertenecientes a las empresas líderes en venta y en participación de mercado.
- Se evaluó las respuestas a las preguntas incluidas en la entrevista y encuesta a estos profesionales.
- Se recogió opiniones favorables sobre el tipo de metodología y diseño de la investigación.
- Se recomendó culminar las entrevistas y encuestas, y convocar a una segunda reunión Delphi.

En la segunda reunión Delphi, se siguió el programa que se detalla a continuación:

- El Doctor César Álvarez Falcón dio la bienvenida a los participantes e invitó al expositor, señor Carlos Hernández Bazo, a realizar la presentación de los avances de la investigación de la tesis doctoral.
- Luego de ello, se realizó la exposición del avance de la tesis. En dicho avance, se presentaron los siguientes contenidos:
 - Breve introducción
 - Objetivos de la tesis
 - Hipótesis
 - Metodología de la investigación
 - Estado del arte
 - Marco teórico
 - Resultados obtenidos
 - Conclusiones
 - Reflexiones
- Seguidamente, el Doctor César Álvarez Falcón invitó a los doctores presentes a participar de una primera ronda de preguntas y comentarios, frente a lo cual el expositor tomó las notas respectivas.
- Posteriormente, el expositor respondió las preguntas y comentarios formulados por los doctores asistentes a la reunión.
- Al término de ello, se realizaron preguntas complementarias, las cuales, también, fueron absueltas por el expositor.
- Finalmente, el Doctor César Álvarez Falcón agradeció a la participación de todos los presentes y dio fin a la reunión.

Las conclusiones y principales recomendaciones recogidas en esta segunda reunión fueron:

- Precisar las definiciones de agilidad y flexibilidad, a fin de establecer mejor las diferencias existentes entre los conceptos *lean* y *agile*
- Corregir las formas de presentar el tema, la investigación y los resultados
- Revisar la redacción de las hipótesis

- Ampliar las recomendaciones de nuevas líneas de investigación
- Ampliar las conclusiones de la investigación cuantitativa a fin de respaldar la investigación cualitativa
- Validar las hipótesis 2 y 3 utilizando la evaluación cuantitativa, además de la evaluación cualitativa, dado que se cuenta con suficiente data para hacerlo

Con esta segunda reunión, se concluyó la validación del proceso de investigación.⁸

4.4 Evaluación de resultados y contraste de hipótesis

Para contrastar las hipótesis, se tomó como base el enunciado de estas y los resultados de las evaluaciones cuantitativa y cualitativa realizadas en el desarrollo de la investigación.

A. En el caso de la primera hipótesis

Hipótesis 1: la metodología de planificación de la cadena de suministro de alimentos envasados, que aplica los conceptos *lean* y *agile*, genera menores inventarios que la metodología tradicional de planificación, basada en los pronósticos de planes de ventas y en grandes volúmenes de producción y traslados de productos.

De acuerdo con los resultados obtenidos en la evaluación cuantitativa, se constata que existe correlación entre los niveles de inventario promedio que resultan al aplicar las metodologías de planificación con conceptos *lean agile* y la metodología de planificación tradicional, siendo esta significativa al nivel de 0.001 (significancia bilateral = 0). El coeficiente de Pearson resultó con $r = 0.899$, lo que indica una alta correlación lineal directa. En estos resultados, se aprecia un nivel de inventario promedio menor utilizando la metodología de planificación *lean agile* (9.87 Tn) en comparación con la metodología de planificación tradicional (33.71 Tn). Esta relación de inventarios ocurre en la mayoría de los casos simulados, según se puede constatar en los cuadros de resultados (Cuadro 17, Cuadro 18 y Cuadro 19).

⁸ Las actas de estas reuniones se incluyen como anexo al final de la tesis.

Esto, también, fue confirmado en la evaluación cualitativa realizada con el grupo de expertos profesionales en gestión de cadena de suministro, quienes, en la encuesta, asignaron la más alta calificación a la ventaja de reducción de inventarios, siendo el promedio de la calificación resultante de 4.7 para una calificación máxima de 5.0 (véase al respecto el Cuadro 19).

Con esta evaluación, se concluye que, para la muestra tomada, la hipótesis 1 es válida.

B. En el caso de la segunda hipótesis

Hipótesis 2: los conceptos *lean* y *agile* presentan limitaciones de aplicación en ciertas industrias y productos de consumo masivo de alimentos envasados.

En la evaluación cuantitativa de los resultados obtenidos al simular las metodologías de planificación *lean agile* y tradicional, se puede constatar que la aplicación de los conceptos *lean* y *agile* resultaron en 47 ocasiones, es decir, en el 5.7 % de los casos simulados con niveles de inventarios más altos que la metodología de planificación tradicional. En esta evaluación, también, se puede constatar que, en 339 casos, es decir, en el 41% de los casos simulados, el quiebre de inventario, al utilizar los conceptos *lean* y *agile*, fue mayor que los quiebres obtenidos al utilizar la planificación tradicional (véase al respecto el Cuadro 20). Esta situación arroja dudas sobre la aplicación de los conceptos *lean* y *agile* en algunas industrias y productos de consumo masivo de alimentos envasados.

Para definir la conveniencia de aplicar los conceptos *lean* y *agile*, se requeriría, como complemento, realizar una evaluación costo beneficio para cada caso, donde se considere los beneficios del efecto de reducción de costos financieros, costos de almacenar, riesgo de pérdidas por obsoletos en almacenes y ante cambios de presentaciones en los productos y la flexibilidad de la cadena de suministro (frente a la utilidad perdida por la pérdida de ventas y menor nivel de servicio al tener mayores quiebres por falta de inventarios).

Cuadro 24: Comparación de resultados que relacionan el inventario promedio y los quiebres o falta de inventario

Diferencia de días quiebre lean-plan	II° de casos	% del total de casos	% de Quiebre de inventario promedio lean	% de Quiebre de inventario promedio plan	Relación % de quiebres Plan/lean % promedio	Relación de invenatrios Plan/lean % promedio	Factor valor Lean / Plan
menos de 0	136	16.5%	1.2%	6.4%	533.3%	245%	13.07
0	350	42.4%	0.1%	0.1%	100.0%	255%	2.55
1	94	11.4%	0.7%	0.1%	14.3%	381%	0.54
2	80	9.7%	1.3%	0.2%	15.4%	372%	0.57
3	49	5.9%	1.9%	0.2%	10.5%	364%	0.38
4	43	5.2%	2.3%	0.1%	4.3%	368%	0.16
5	36	4.4%	2.9%	0.1%	3.4%	385%	0.13
6	16	1.9%	3.5%	0.1%	2.9%	378%	0.11
más de 7	21	2.5%	5.0%	0.2%	4.0%	383%	0.15
Total	825	100%	1.0%	1.1%	117.5%	301%	3.54

Fuente: elaboración propia

Para poder constatar la hipótesis 2, se realizó una evaluación cualitativa complementaria basada en las respuestas y comentarios brindados por el grupo de profesionales entrevistados, quienes opinaron y encontraron las siguientes limitaciones para aplicar los conceptos *lean* y *agile* en la industria de consumo masivo de alimentos envasados. Es así que, en opinión de ellos, estos conceptos no se aplicarían en industrias de alimentos envasados que presenten las siguientes características:

- En productos que presenten una alta estacionalidad en sus ventas, dado que, en ese escenario, la planificación de la producción de las líneas de envasado y de la red de distribución se realiza sobre pronósticos de ventas y contempla acumular, previamente, los inventarios necesarios para afrontar las ventas en los meses pico. Si se quieren aplicar los conceptos *lean* y *agile*, se tendría que disponer de plantas capaces de absorber los picos de ventas, lo cual, dentro del concepto *lean*, es un desperdicio.
- En productos o categorías nuevas para la empresa y productos de innovación no maduros, donde aun no se conoce el comportamiento de la demanda, ni la

inclinación mayor o menor del consumidor a ciertas presentaciones del portafolio de productos ofrecido.

- En productos con poca masa crítica cuyos lotes mínimos de producción alcanzan para ventas mayores a un mes. Esto, en opinión de los expertos, no genera un beneficio importante al aplicar los conceptos *lean* y *agile*.
- En aquellos productos que son subproductos de otros; por lo tanto, su producción está sujeta a la planificación del producto principal.
- En aquellos productos cuyo modelo de negocio adoptado es el de trabajar a pedido o de producción no rutinaria.
- En productos que se fabrican en líneas de producción que están operando a capacidades cercanas al 100% de su capacidad, dado que la mayor frecuencia de cambios de formato podrían incrementar los tiempos de indisponibilidad de la línea.
- En productos y categorías cuyas ventas están afectadas por constantes promociones e impulsos en el mercado y, por tanto, requieren inventarios previos, pronosticados para afrontarlos.
- En productos y categorías cuyas producciones dependen de la oferta de la materia prima (siendo esta estacional) y que, por limitaciones tecnológicas, no pueden ser almacenados como tal, y requieren procesarse a fin de almacenarlos como productos terminados.
- En productos que se producen en líneas donde el tiempo de cambio de formato es muy elevado y, por diversas razones, no se puede reducir.
- En productos que no han logrado nivelar las ventas semanales (estas se presentan con muy altos volúmenes de ventas a fin de mes). Para aplicar los conceptos *lean* y *agile*, sería necesario nivelar, previamente, las ventas semanales.
- En productos que presentan alto tiempo de abastecimiento (*lead time*), debido a que generan altos inventarios. Aquí, no representa, necesariamente, una ventaja aplicar los conceptos *lean* y *agile*.

En cambio, los conceptos *lean* y *agile* sí pueden ser aplicados en la industria de consumo masivo de alimentos envasados que presenten las siguientes características:

- En categorías maduras cuyas características y tendencias de demanda se conozca muy bien y en aquellas que cuenten con data histórica de ventas.
- En categorías y productos con estacionalidad de ventas moderada.
- En cadenas cortas donde la data de la demanda pueda ser abastecida rápidamente.
- En categorías y productos con masa crítica de producción y que, por los tamaños de lotes, se puedan producir muchos lotes de producción al mes.
- En productos con ventas semanales moderadamente niveladas, es decir, ventas no concentradas a fin de mes.
- En industrias con líneas de producción que cuenten con holgura suficiente como para absorber la variabilidad de la demanda en el ciclo de producción definido y con la frecuencia de planificación.
- En productos con demandas relativamente estables, con alta rotación de productos.
- En industrias cuyo abastecimiento de materias primas y de empaques no presente problemas serios de abastecimiento.
- En líneas de producción donde se requiera pocos cambios de formato para producir toda la variedad de productos que son fabricados por esta.
- En industrias donde se pueda aplicar procesos similares a los de ensamblaje en productos base con los que, a partir de insumos adicionales, se pueda lograr variedad de presentaciones.

Finalmente, para validar la hipótesis, se ha identificado algunas industrias y categorías específicas en las que, según opinión de los profesionales entrevistados, no se podría aplicar los conceptos *lean* y *agile*. Esto debido a las siguientes razones:

- Por la estacionalidad de la materia prima: crema de leche, leche condensada, mermeladas de fruta, pescado enlatado, papas fritas y néctares. En el caso de las categorías de productos de salsa de tomate, chicha morada y chocolates, existen dudas sobre su aplicabilidad.
- Por estacionalidad de la demanda: helados, panetones y té e infusiones.

- Por limitaciones particulares de la capacidad de planta: *shakes*, caldos en tabletas, *snacks* y *marshmallows*. Con la salvedad de que, si existiera capacidad suficiente de plantas, sí podrían aplicarse los conceptos *lean* y *agile*.

A partir de los resultados cuantitativos y cualitativos obtenidos, y para la muestra tomada, se valida la hipótesis 2.

C. En el caso de la tercera hipótesis:

Hipótesis 3: la metodología de planificación de cadena de suministro de alimentos envasados, que aplica los conceptos *lean* y *agile*, es aplicable a la industria de consumo masivo de alimentos envasados y da mayor valor al cliente que la metodología tradicional de planificación, basada en los pronósticos de planes de ventas y en grandes volúmenes de producción y traslados de productos.

Para validar esta hipótesis, se evaluó cualitativamente las opiniones recogidas en las entrevistas y encuestas realizadas al grupo de profesionales consultados. Las opiniones de dichos profesionales señalan que la metodología *lean* y *agile* desarrollada

- Tiene lógica y es viable, porque toma en consideración los principios básicos de la disminución de los tamaños de lotes y, con ello, se puede lograr agilidad de respuesta ante los cambios del mercado y mejorar, o mantener, el nivel de servicio a los clientes.
- Tiene lógica, también, porque planifica por nodos o módulos y, de esa forma, la reacción de la cadena ante la variabilidad podría ser óptima.
- Le da importancia a la definición del inventario de seguridad, que considera la aplicación de un factor de nivel de servicio apropiado para cada punto de la cadena que pueda soportar la variabilidad de la demanda que ocurre en cada uno de ellos.
- Es secuencial y considera en su estructura la variabilidad de las ventas, los tiempos de abastecimiento y su variabilidad.

- Puede aplicarse a industrias maduras, pues se adapta mejor a la realidad de la industria actual, es fácil de aplicar una vez conocidos los conceptos y es posible adaptarla a la mayor parte de la industria de alimentos envasados.
- Tiene un alto porcentaje de aplicación, pero con ciertas condiciones (contar con información confiable sobre niveles de inventarios y variabilidad de la venta, disponer de adecuada infraestructura tecnológica para el manejo del sistema de información y productos que tengan poca variedad, administrar una adecuada capacidad de planta y distribución, manejar un adecuado abastecimiento de materias primas y empaques, y cuantificar los beneficios y costos antes de aplicarla).

Los profesionales entrevistados y encuestados opinaron que las limitaciones de aplicación de la metodología coinciden con las limitaciones de aplicación de los conceptos *lean* y *agile* en la industria de consumo masivo. En ese sentido, juzgaron que, para aplicarla, es necesario contar con una estrategia de implantación que considere implementar proyectos piloto, establecer una periodicidad del cálculo del inventario de seguridad, tomar en cuenta factores de crecimiento o decrecimiento de la demanda, ponderar indicadores de medición de resultados y segmentar los productos de acuerdo con su aplicación.

Por tanto, los profesionales consultados concluyen que la metodología desarrollada es aplicable en la planificación de cadenas de suministro de consumo masivo de alimentos envasados dentro del marco delimitado por ellos y en escenarios similares a la muestra tomada.

Para poder contrastar si la metodología de planificación desarrollada en esta tesis brinda mayor o menor valor al cliente que la metodología de planificación tradicional explicada, se utilizará el indicador de valor total definido por Johansson (1993), y publicado en Naylor (1999), que define como ecuación de valor el incremento de la calidad y nivel de servicio, y la reducción de los costos y tiempos de abastecimiento, *lead time*.

De acuerdo con los resultados de las entrevistas y llenado de encuestas al comparar las metodologías de planificación *lean agile*; con el análisis de la ecuación de valor, definida por Johansson (1993); y con el empleo de la metodología tradicional, como elemento referencial; se obtiene como resultado la siguiente evaluación cualitativa:

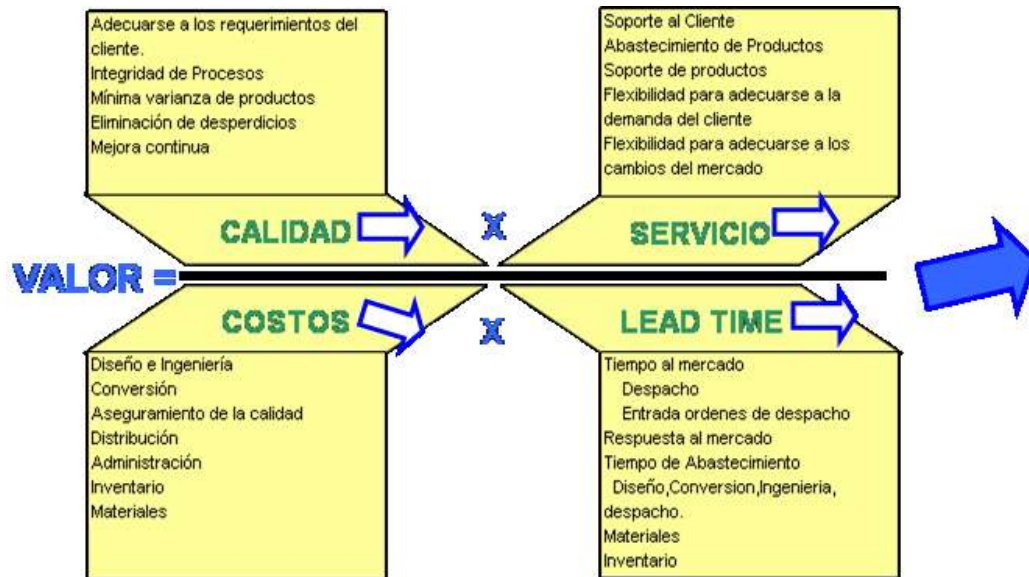
- La calidad de producto se puede considerar igual al aplicar cada metodología estudiada, pese a que, al trabajar con lotes pequeños, se podría reducir la cantidad de productos obsoletos y el cliente podría recibir productos más frescos. Estos temas fueron destacado por los profesionales entrevistados, quienes calificaron esta ventaja, al aplicar los conceptos *lean* y *agile*, con 4.2, sobre una calificación máxima de 5.0 (véase al respecto el Cuadro 23).
- El nivel de servicio al cliente que podría lograrse con la aplicación de la metodología de planificación a partir de los conceptos *lean* y *agile* no presentaría una mejora, en opinión de los profesionales entrevistados, porque
 - Los niveles de quiebres de inventario se mantienen casi similares y, en algunos casos, son mayores para el caso de la metodología de planificación *lean agile*. Los calificativos asignados por los profesionales entrevistados a los temas de reducción de quiebres de inventario y mejor atención a los clientes fueron de 3.4 y 3.7, respectivamente, sobre una calificación máxima de 5.0 (véase al respecto el Cuadro 23).
 - Pese a ello, estos destacan que podría dar mayor flexibilidad y agilidad a los abastecimientos de productos, lo cual, en algunos casos, podría resultar en un mejor nivel de servicio al cliente. Las ventajas de una mayor flexibilidad y agilidad de la cadena de suministro que planifica de acuerdo con los conceptos *lean* y *agile* fueron calificadas por los profesionales consultados con calificativos de 4.2 y 4.0, sobre un máximo de 5.0 (véase al respecto el Cuadro 23).
- El nivel de costos de la cadena de suministro, en opinión de los profesionales entrevistados, descenderá, porque, con la metodología de planificación *lean agile*,
 - Se logra reducciones de inventarios, lo cual repercute en los costos de almacenar, los costos financieros y los costos por pérdidas por obsoletos. En

este sentido, los profesionales asignaron una calificación de 4.7, sobre una calificación máxima de 5.0 (véase al respecto el Cuadro 23).

- La reducción de costos no impactaría tanto, en opinión de los profesionales consultados, porque, al tener mayores cambios de formatos en producción o al trasladar carga consolidada en el transporte, se puede perder el efecto de reducción de costos por economía de escala, lo que podría generar pequeños incrementos en los costos de producción y transporte. Por ello, los profesionales entrevistados asignaron calificativos de 3.8, 3.7 y 3.4 a las ventajas de reducción de costos, mejor utilización de la capacidad de producción y transporte, respectivamente (véase al respecto el Cuadro 23).
- En cuanto al tiempo de abastecimiento, *lean time*, este se mantiene igual, porque la ubicación adecuada de los inventarios, a lo largo de la red de distribución, permite que el cliente pueda ser atendido, por igual, con ambas metodologías de planificación.

De acuerdo con esta evaluación cualitativa, la ecuación de valor definida por Johansson (1993) se podría esquematizar en la forma que se muestra en la figura siguiente.

Figura 21: Comparación de las ventajas de la metodología de planificación *lean agile* con respecto a la metodología tradicional utilizando el indicador de valor total de Johansson (1993)



Fuente: elaboración propia

De este análisis, se puede concluir que la metodología de planificación *lean agile* da un mayor valor al cliente que la metodología tradicional.

Para validar esta hipótesis, se realizó, como complemento, una evaluación cuantitativa con los resultados obtenidos al simular la metodología de planificación *lean* y *agile* y la metodología de planificación tradicional. Esta evaluación se basó en la misma ecuación de valor definida por Johansson (1993) y se partió de los siguientes supuestos:

- La calidad se considerará constante para ambas metodologías, porque esta no dependerá de la forma en que se haga cada planificación, pese a que producir pequeños lotes podría reducir el riesgo de pérdidas por obsoletos cada vez que se realiza un lanzamiento o relanzamiento de producto.
- El tiempo de abastecimiento, *lead time*, relacionado con la rapidez de entrega al cliente de la red de distribución, también, se considerará constante.

- Con los supuestos anteriores, quedan solo dos atributos por comparar: nivel de servicio y costos en la cadena de suministro.
- El nivel de servicio, para el caso de la comparación cuantitativa, está relacionado directamente con el nivel de disponibilidad de productos, es decir, menor cantidad de días quiebre (o falta de inventario en el almacén).
- Los costos, para el caso de la comparación cualitativa, están relacionados directamente con el nivel de inventario promedio (costos financieros, costos de almacenar y costos asociados a los riesgos de obsoletos en almacenes). En este caso, se parte, también, del supuesto de que los costos de producción no se incrementan, dado que los tamaños de lote pueden reducirse en la misma proporción en que se reducen los tiempos de cambio de formatos.
- Para poder evaluar en forma cuantitativa la aplicabilidad de la metodologías de planificación *lean agile*, se ha definido un “Factor valor”, que relaciona el porcentaje de días quiebre (días en que faltó inventario), en el periodo de los 177 días, con los inventarios promedio, otorgando igual peso a ambas variables en el impacto del valor.

El resultado de este factor se muestra en el Cuadro 24, donde se puede constatar que el factor resulta mayor a 1 solo para el 59% de los casos simulados, es decir, en esos casos, la metodología de planificación *lean agile* podría dar como resultado un mayor valor a la cadena de suministro si se cumplen los supuestos dados para esta evaluación. En los casos restantes, ocurriría lo contrario y, por lo tanto, se cumpliría parcialmente la parte de la hipótesis que indica que la metodología de planificación tradicional desarrollada brinda mayor valor que la metodología de planificación tradicional.

En conclusión, y de acuerdo con el sustento presentado, se puede concluir lo siguiente:

- La metodología de planificación de cadena de suministro de alimentos envasados que aplica los conceptos *lean* y *agile* es aplicable a la industria de consumo masivo de alimentos envasados.

- La metodología de planificación que utiliza los conceptos *lean agile* puede dar mayor valor al cliente que la metodología tradicional solo en los casos donde los conceptos *lean* y *agile* son aplicables (la aplicación de estos solo podría representar mayor valor al cliente en el 59% de los casos analizados en esta investigación).

Por todo lo anterior, la hipótesis 3 se valida, parcialmente, para la muestra y marco definidos en esta investigación.

CONCLUSIONES

El desarrollo de esta investigación ha permitido validar la aplicación de los conceptos *lean* y *agile* en la industria de consumo masivo de alimentos envasados. Los resultados obtenidos, si bien se enmarcan dentro de lo definido en esta tesis, permiten trazar puntos de partida para futuras investigaciones.

El desarrollo de la metodología de planificación de los conceptos *lean* y *agile* ha permitido estructurar y exponer secuencialmente las principales interpretaciones sobre estos temas publicadas hasta el momento. Como pudo apreciarse, dichos conceptos han sido, mayoritariamente, enfocados hacia industrias de ensamblaje y, muy poco, a la industria de consumo masivo de alimentos envasados.

A continuación, se presentan las principales conclusiones y la relación de propuestas para desarrollar investigaciones futuras.

A. Principales conclusiones

- La principal conclusión de la tesis es que la metodología desarrollada para la planificación de una cadena de suministro, que aplica los conceptos *lean* y *agile*, se puede aplicar a algunas industrias de consumo masivo de alimentos envasados; para ello, es necesario adaptar los conceptos *lean* y *agile* a cada realidad de negocio.
- La metodología de planificación que utiliza los conceptos *lean* y *agile* genera menor nivel de inventarios que la metodología tradicional, reduce el riesgo de pérdidas por obsoletos y le puede dar a la cadena de suministro mayor flexibilidad y agilidad para

absorber la alta variabilidad de la demanda, característica de la industria de consumo masivo de alimentos envasados.

- En el 59% de los casos, de las cadenas de suministro simuladas en la investigación cuantitativa, se pudo constatar que la aplicación de la metodología de planificación *lean agile* puede dar mayor valor al cliente.
- No se puede generalizar la aplicabilidad de la metodología de planificación *lean* y *agile* en la industria de consumo masivo, pero, de acuerdo con la opinión de los profesionales entrevistados, existe buenas posibilidades de aplicar la metodología en otras industrias de consumo masivo.
- En la investigación cualitativa, los profesionales opinaron que la metodología de planificación con conceptos *lean agile* tendría limitaciones de aplicación en los siguientes rubros:
 - Negocios cuya estacionalidad de demanda de productos terminados es muy alta o que presentan estacionalidad de oferta de materia prima (esto implica construir inventario para el pico de ventas o en la época pico de disponibilidad).
 - Negocios cuyas líneas de producción operan al límite de capacidad, pues no se puede seguir el ritmo de la venta y proceso de planificación definido.
 - Negocios cuyos tiempos de abastecimiento (*lean time*) son muy altos, pues no representa una ventaja frente a la metodología de planificación tradicional.
- El concepto *lean* de cero inventario no es aplicable en la industria de consumo masivo de alimentos envasados, lo que sí es aplicable es el concepto de tener inventarios adecuados en la red de distribución para amortiguar las altas variaciones de demanda de esta categoría de productos y, con ello, ganar agilidad en los suministros a los clientes.
- Finalmente, se concluye que los conceptos *lean* y *agile*, y la metodología de planificación desarrollada presentan importantes ventajas y algunas desventajas

que obligan a evaluar económicamente su adaptación a cada categoría o producto donde se desee aplicar.

B. Propuestas de líneas de investigaciones futuras

A partir del proceso de investigación y de las reuniones de entrevistas con los diferentes grupos de profesionales entrevistados, surgieron oportunidades de nuevas investigaciones o investigaciones complementarias relacionadas con temas que podrían servir como futuras líneas de investigación. Dichas líneas de investigación se presentan a continuación:

- Evaluar procesos de implantación de estos conceptos en las organizaciones, con el liderazgo y compromiso de los profesionales que gestionan las cadenas de suministro
- Evaluar la infraestructura de tecnología de información que se requiere para soportar la aplicación de la metodología desarrollada, con información a tiempo y confiable
- Investigar la importancia de contar, en este tipo de industrias, con inventarios en el lado de los proveedores o proveedor de proveedor, es decir, un segundo punto de desacople que permita trabajar un sistema *lean* entre estos dos puntos de la cadena de suministro y que los inventarios en los extremos permitan absorber la variabilidad del abastecimiento, por el lado de los proveedores, y la variabilidad de la demanda, por el lado de los clientes
- Evaluar e investigar sobre la aplicabilidad de estos conceptos en otras industrias de consumo masivo y en escenarios diferentes al peruano, donde los canales de supermercados tienen mayor poder y afrontan una mayor demanda de productos
- Identificar las causas por las cuales estos conceptos aún no se aplican en la mayoría de las empresas en Latinoamérica, pese a tener más de diez años de difusión y contar con casos de aplicaciones exitosas
- Evaluar la competitividad de los costos logísticos en la industria de consumo masivo

Para finalizar, es importante señalar la importancia de continuar con este tipo de investigaciones y con la difusión de sus resultados (específicamente, de los conceptos *lean* y *agile*), pues estos son aplicables a muchas industrias y, como señalaron los profesionales entrevistados, son adaptables a la realidad de cada negocio, categoría o producto con tal de lograr valor para los clientes.

ANEXOS

Anexo 1: Acta de la primera reunión Delphi

Tema de la tesis doctoral:

Tesis Doctoral “Metodología de planificación de cadena de suministros de productos de consumo masivo de alimentos envasados, aplicando los conceptos *lean* y *agile*, en el Perú”.

Director de la Tesis: Doctor August Casanovas i Villanueva

Doctorando: Carlos Hernández Bazo

Fecha: 9 de agosto de 2010

Hora: 8 a.m. a 10 a.m.

Participantes: Doctor César Álvarez Falcón
Doctorando Álvaro Cornejo Soto
Doctorando Narciso Arméstar
Doctorando Óscar Talavera

Profesionales especialistas en el tema:

Señor José Vega

Señor Alberto Otazu

Señor Efraín Zegarra

Señor Julio de la Torre

Antecedentes:

Esta primera reunión Delphi fue convocada por el Doctor César Álvarez Falcón, con tres semanas de anticipación. Para ello, se les envió a los participantes un ejemplar del primer artículo publicado por el Doctorando, señor Carlos Hernández Bazo, sobre el avance de la Tesis Doctoral, a fin de que los participantes puedan estar preparados para aportar con sus preguntas e intervenciones.

Desarrollo de la reunión:

La reunión se inició con la presentación del Doctorando por parte del Doctor César Álvarez Falcón, quien actuó de moderador de la reunión.

El Doctor César Álvarez Falcón explicó a los participantes los alcances del Método Delphi y el objetivo de este.

Luego, el Doctorando, señor Carlos Hernández Bazo, después de agradecer la presencia del Doctor, Doctorandos y profesionales, procedió a presentar, en formato Power Point, la tesis desarrollada, siguiendo el orden que se detalla a continuación:

- Introducción
- Estado del arte
- Objetivos de la investigación
- Hipótesis
- Metodología de la Investigación
- Marco teórico
- Resultados
- Conclusiones
- Reflexiones

Después de esta presentación, el Doctor César Álvarez Falcón invitó a los participantes a realizar una ronda de preguntas, de modo que sean absueltas por el Doctorando, quien tomó notas de las mismas. Las preguntas y respuestas fueron las siguientes:

A. Preguntas y comentarios de los profesionales invitados:

Destacan que la clave de la metodología de planificación *lean agile* es el cálculo de los inventarios a lo largo de la cadena de suministro y, dentro de esto, la definición del nivel de servicio. Por tanto, se debe resaltar, en el tema de tesis, el método de cálculo de este *stock* o inventario de seguridad.

Señalan la importancia de disponer de suficiente capacidad de producción para aplicar la metodología y que el producir lotes más pequeños podría generar mayores costos de producción si no se cumple la reducción de los tiempos de cambio de formato.

Recomendaron ampliar y detallar, en la tesis, el tema del método de planificación tradicional, a fin de aclarar las diferencias que se tiene con el método de planificación *lean agile*.

Recomendaron considerar, en el desarrollo de la tesis y metodología, el caso en el que la línea de producción procesa gran número de productos y donde el tiempo de producir estos no es suficiente para hacerlo en las 24 horas siguientes de producidas las ventas, y, por tanto, los ciclos de producción tendrían que ser más largos.

Respuestas del Doctorando:

Agradeció las intervenciones, preguntas y aportes, y aceptó explicar mejor, en el contenido de la tesis, el tema del factor de nivel de servicio que utiliza la fórmula del inventario de seguridad. Destacó que, para la simulación de datos, se había utilizado un factor de servicio igual a 3, que corresponde a un nivel de servicio de 99.85%, nivel bastante alto; no obstante, los resultados de la simulación, para ambas metodologías, daban como

resultado niveles de 99.0% de disponibilidad de producto en los almacenes simulados. Así mismo destacó que, de todas las fórmulas de seguridad, la utilizada en el desarrollo de la simulación era la fórmula más conservadora, porque da como resultado inventarios de seguridad más altos que otras fórmulas, al considerar la desviación estándar del *lead time* o tiempo de abastecimiento.

Aceptó introducir, en la tesis, una explicación más detallada sobre la metodología de planificación tradicional que detalle las diferencias con la metodología de planificación *lean agile*.

Explicó que, al haber mayor cantidad de cambios de presentación en una línea de producción, los costos de producción podrían mantenerse constantes, siempre y cuando los tiempos tomados en cada cambio de formato se reduzcan en forma proporcional al incremento del número de cambios. Esto es uno de los conceptos *lean* destacados por muchos autores en los artículos publicados. Si no se hace esto, definitivamente se pueden presentar costos de producción más altos.

Explicó, también, que la metodología de planificación consideraba la frecuencia de planificación, a fin de tomar en cuenta que, al existir líneas donde se producen varios productos, el ciclo de producción supera las 24 horas y, por tanto, la metodología contempla frecuencias de planificación de dos veces por semana y semanal. Comentó que, en el desarrollo de la tesis, se explicaría mejor este punto y que se incluiría una mejor explicación sobre la programación de producción nivelada, *Heijunka*, la cual considera una producción fija durante el programa semanal y una producción variable según los requerimientos de ventas.

B. Preguntas del Doctorando Narciso Arméstar:

Recomendó modificar el texto de la Hipótesis 2: "... importante reducción de inventarios..." por los términos "menor inventario".

Asimismo, recomendó buscar la forma de cuantificar el beneficio que recibe la empresa con la reducción de inventarios resultante de la investigación desarrollada.

Respuestas del Doctorando:

Agradeció la intervención y pregunta, y confirmó que se cambiaría el texto de la hipótesis 2 por los términos sugeridos.

Igualmente, confirmó que, en los artículos leídos, se presentaba una ecuación de valor que podría utilizarse para cuantificar los beneficios que logra la empresa con la reducción de inventarios.

C. Preguntas del Doctorando Álvaro Cornejo Soto:

Expresó su inquietud por el tema de variabilidad de las ventas y preguntó ¿hasta qué punto se considera que la variabilidad afecta?, ¿cuánto es lo que se puede aceptar de variabilidad como una solución aceptable o positiva dentro de los procesos? y ¿cuáles serían las propuestas que deberían estar encaminadas, conjuntamente con la filosofía *lean*, para reducir esta variabilidad y hacerla totalmente manejable?

Respuesta del Doctorando:

Agradeció la intervención y pregunta sobre la variabilidad de la demanda. Señaló que, en su opinión, la variabilidad se presenta por el dinamismo del mercado, lo cual se percibe en la venta real tomada como dato para realizar la simulación de la aplicación de las metodologías de planificación evaluadas.

Resaltó que un tema que surgió en las entrevistas y encuestas con profesionales de empresas de consumo masivo de alimentos fue, justamente, la tendencia de la venta de fin de mes y, en el caso de algunas empresas, la venta del fin de semana, las que generan alta variabilidad.

Señaló que, en la metodología desarrollada, esta variabilidad de la demanda es cubierta por el cálculo del *stock* o inventario de seguridad. Sin embargo, y a pesar de haber colocado un factor de servicio alto en la simulación de la metodología, se presentan días de quiebre o falta de inventarios en una magnitud cercana al 1%, lo cual, al final, para el caso de los productos de las categorías simulados, da como resultado un nivel de servicio de 99%. Por lo tanto, definitivamente, se tendría que mencionar algo en el tema, porque es parte del escenario en el cual se está desarrollando la tesis.

D. Preguntas del Doctorando Óscar Talavera:

Enfocó su intervención en el tema de productos que tienen materia prima de oferta estacional y sugirió ampliar los comentarios en la tesis sobre este tema, porque no solo es el tema de estacionalidad, sino, también, de periodicidad. Puso como ejemplo la leche: la producción de leche no se efectúa todos los días, porque las vacas producen, generalmente, dentro de un periodo de casi nueve meses y, por tanto, eso sería la periodicidad de la materia prima.

Adicionalmente, sugirió que se debe tener en cuenta que, actualmente, existen diferentes tipos de conservaciones en materia prima, que no necesariamente podrían entrar en el tema *lean agile*, como las castañas de Brasil, que se guardan un año (o año y medio) y después se utilizan para producir chocolates. Similares casos son los del cacao, que también se puede guardar, y del café, frente a los cuales no necesariamente funciona la estacionalidad o periodicidad.

Respuesta del Doctorando:

Agradeció la intervención y pregunta sobre el tema de materia prima estacional. Señaló que fueron los profesionales entrevistados de las empresas Nestlé y Gloria quienes resaltaron esta limitante. En ese sentido, ellos señalaron que, en verano, las vacas producen más leche que en otras épocas, lo cual generaba la estacionalidad de la oferta y, dado que no contaban aún con tecnología de almacenamiento, tenían que producir

producto terminado en función de la oferta de materia prima y no en función de la demanda.

Se concluyó que, en el desarrollo del tema, se mencionaría que, si se dispone de tecnología para almacenar materia prima, el tema de estacionalidad no limitaba la aplicación de los conceptos *lean* y *agile*.

E. Preguntas del Doctor César Álvarez Falcón:

Recomendó que, para el desarrollo de la tesis, debía destacarse más el ámbito de la investigación, a qué tipo de empresa se refiere. Del mismo, modo, consideró importante determinar la forma de cuantificar los beneficios.

Igualmente, recomendó elaborar un acta de esta reunión y continuar con el desarrollo de la investigación con los profesionales de las empresas que faltaban entrevistar, a fin de validar las hipótesis planteadas. Luego de esto, consideró necesario convocar a una segunda reunión Delphi que cuente con la participación de más doctores.

Respuesta del Doctorando:

Agradeció la intervención y confirmó que, en la redacción final de la tesis, se tomarán en cuenta los aportes sugeridos. Finalmente, al no haber más preguntas, el Doctor César Álvarez Falcón agradeció al panel de Doctores, Doctorando y profesionales por sus aportes y solicitó al Doctorando cerrar la reunión.

El Doctorando agradeció, nuevamente, la asistencia a esta reunión Delphi destacando la importancia de la misma para el desarrollo de la tesis. Con esto, se dio fin a la reunión.

Anexo 2: Acta de la segunda reunión Delphi

Tema de la tesis doctoral:

Tesis Doctoral “Metodología de planificación de cadena de suministros de productos de consumo masivo de alimentos envasados, aplicando los conceptos *lean* y *agile*, en el Perú”.

Director de la Tesis: Doctor August Casanovas i Villanueva

Doctorando: Carlos Hernández Bazo

Fecha: 19 de enero de 2011

Hora: 8 a.m. a 10 a.m.

Participantes: Doctor César Álvarez Falcón
Doctor César Lama
Doctora Liliana Alvarado
Doctor Gustavo Guerrero
Doctorando Carlos Culquichicón

Antecedentes:

En agosto de 2010, se convocó a la primera reunión Delphi en la que participaron Doctores, Doctorandos y profesionales de la industria de alimentos a los que se les explicó la metodología de planificación desarrollada en la tesis. Estos especialistas aportaron sugerencias a fin de enfocar la investigación y mejorar la presentación de los resultados

obtenidos hasta ese momento. Finalmente, se acordó realizar una segunda reunión que se llevaría a cabo en los siguientes meses según el avance de la investigación.

Esta segunda reunión Delphi fue convocada por el Doctor César Álvarez Falcón, con una semana de anticipación. Para esta reunión, se les envió a los participantes un ejemplar del primer borrador final de la Tesis Doctoral, de modo que puedan estar preparados para aportar con sus preguntas e intervenciones a la misma

Desarrollo de la Reunión:

La reunión se inició con la presentación del Doctorando por parte del Doctor César Álvarez Falcón, quién actuó de moderador de la reunión.

Luego, el Doctorando, señor Carlos Hernández Bazo, después de agradecer la presencia del Doctor, Doctorandos y profesionales, procedió a presentar, en formato Power Point, la tesis desarrollada, siguiendo el orden que se detalla a continuación:

- Introducción
- Objetivos de la investigación
- Hipótesis
- Metodología de la Investigación
- Estado del arte
- Marco teórico
- Resultados
- Conclusiones
- Reflexiones

Luego de hacer la presentación de la tesis, el Doctor César Álvarez Falcón invitó a los participantes a realizar una ronda de preguntas, de modo que puedan ser absueltas por el Doctorando, quien tomó nota de estas. Las preguntas y respuestas fueron las siguientes:

A. Preguntas del Doctor Gustavo Guerrero:

Comentó que la presentación estaba muy cargada y que esta debería mostrarse como una ayuda memoria y de modo más gráfico.

Luego, el Doctor Guerrero pidió explicar cuál era el papel de *agile*, pues no lo entendía o, al menos, la presentación no lo mostraba. Para él estaba claro que, con el concepto *lean*, se absorbía la variabilidad de la demanda y, al nivelar la programación de la producción con tamaños de lotes pequeños, se lograba reducir los inventarios. Por tanto, era importante establecer en la tesis, en una forma más clara, cuál era la diferencia entre *lean* y *agile*, y cómo se aplicaba el concepto *agile* en la tesis.

Pidió, también, que, en la tesis, se definiera, claramente, las nociones de agilidad, flexibilidad y adaptabilidad, haciendo referencia a lo que cada autor ha definido. Del mismo modo, solicitó aclarar la diferencia entre variedad, es decir, gama, y variabilidad.

Opinó que no era partidario de una evaluación cualitativa, dado que, si bien se puede haber tenido reuniones con profesionales de la industria de alimentos envasados, para una tesis de este tipo, estos no son muy representativos por no ser doctores. Por lo anterior, sugería tratar de validar las hipótesis 2 y 3 mediante un método cuantitativo. Si se lograba esto, la validez de las hipótesis sería más contundente.

Comentó que, en la presentación, faltó mostrar cuáles eran las variables bases de la comparación: ¿planificación *lean*, planificación tradicional, quiebres de inventarios, niveles de inventarios?, y ¿por qué se elegían estas variables?

Finalmente, recomendó evitar afirmaciones contundentes en la tesis, por ejemplo, "... se demuestra claramente...". En cambio, señaló como adecuadas formas como "... mayor que...", "... se constata que es mayor que...". En resumen, indicó que se eliminen los adjetivos.

Respuestas del Doctorando:

Agradeció la intervención y preguntas, y aceptó corregir la presentación y realizarla con láminas de ayuda memoria y de modo más gráfico.

Comentó que ampliaría la explicación en la tesis de las definiciones señaladas por el Doctor Guerrero, haciendo énfasis en las diferencias entre *lean* y *agile*, y cómo la unión de estos conceptos se aplicaba en la tesis.

También, informó que dispone de bibliografía específica donde se definen claramente los conceptos de agilidad, adaptabilidad y flexibilidad, a fin de que el lector tenga claro el significado de estos conceptos y cómo *lean* y *agile* aportan a mejorarlos en una cadena de suministro.

Sobre el tema de validar cuantitativamente las hipótesis 2 y 3, señaló que, para una de ellas, tenía data suficiente como para validar la hipótesis con este método y que iba a tratar de buscar la forma de validar la otra hipótesis en forma más contundente.

Finalmente, ofreció cambiar la redacción de la tesis de modo que los adjetivos calificativos sean suprimidos.

B. Preguntas de la Doctora Liliana Alvarado:

Inició su intervención destacando que se iba a centrar en las formas más que en el fondo de la tesis, pues eran los aspectos de la presentación por mejorar.

Sugirió eliminar, en la hipótesis 1, el adjetivo “importante” y reemplazarlo por otro que señale, del mismo modo, lo evidente, como la palabra “mayores”.

Igualmente, señaló que, en la presentación, se debería enfocar más la metodología de planificación que la metodología de investigación. En ese sentido, agregó que toda lámina debe tener un sentido dentro de la presentación al jurado.

Recomendó que, en vez de presentar cómo fue conseguida la información bibliográfica, se presentase los resultados de la investigación y cómo se obtuvieron dichos resultados.

Señaló que la tesis debía incorporar mayor bibliografía, pues, si en la presentación se afirmaba haber manejado cien referencias bibliográficas, estas deberían aparecer en los textos y la bibliografía de la tesis. También, solicitó retirar aquellos artículos publicados por organismos no reconocidos por doctores, dado que estos no tienen validez para una Tesis Doctoral.

Sobre el tema, hizo hincapié en la importancia de que exista una adecuada correlación de los autores señalados en el texto con los autores listados en la relación de la bibliografía.

Pidió tener mucho cuidado con la redacción y faltas ortográficas. Señaló que estas fallas son muy graves y que, en el texto entregado, había encontrado un gran número de errores de este tipo.

Sobre la presentación en Power Point, opinó que esta tenía mucho texto en cada lámina y recomendó que estas debieran funcionar como ayuda memoria, evitando ser leídas durante la presentación. Finalmente, agregó que, cuando se coloca una definición, es importante decir para qué sirve esa definición

Respuestas del Doctorando:

Agradeció la intervención y preguntas. Luego, confirmó que se cambiaría el texto de la hipótesis 1 por lo sugerido.

Asimismo, sostuvo que se tomará en cuenta todas las sugerencias dadas sobre la presentación de láminas en Power Point.

Sobre la bibliografía, explicó que, efectivamente, aún se tenía que completar la tesis con la inclusión de mayor bibliografía incluida en el texto y que se iban a retirar aquellos artículos no publicados por Doctores. Por tanto, se revisaría la correlación entre el texto y la bibliografía incluida.

Sobre la redacción y faltas ortográficas, se indicó que era un tema aún pendiente de revisión en la redacción final de la tesis.

C. Preguntas del Doctorando Carlos Culquichicón:

Pidió que se aclaren los conceptos *lean* y *agile*, inquirió sobre la necesidad de incluir el concepto *agile*, en qué es diferente a *lean*. Igualmente, pidió que se señale y aclare estas diferencias y coincidencias en el texto de la tesis.

Además, solicitó que la hipótesis 2 no se plantee como una aseveración. Esto debía cambiarse en la redacción del documento.

En el contenido de la tesis, debe aclararse el alcance de la misma, porque la redacción menciona cadena de suministro y esta se entiende como un total y, en realidad, se limita solo a la red de distribución. Es decir, cuando se hace mención a producción, se está tratando solo del proceso de envasado para definir el inventario del almacén central de la red de distribución.

En ese sentido, falta destacar el punto de desacople y explicarlo con más detalle para enfocar el tema de tesis dentro del marco investigado.

Es necesario identificar indicadores más cuantitativos para definir valor de la cadena de suministro, porque la evaluación de valor se ha realizado solo en forma cualitativa y

existen indicadores cuantitativos con los que, con la data trabajada, se puede demostrar que dan valor al cliente.

Respuesta del Doctorando:

Agradeció la intervención y preguntas. Comentó que, definitivamente, sus sugerencias se iban a tomar en cuenta en la corrección de la tesis y redacción final de la misma.

D. Preguntas del Doctor César Lama

Comentó que existe confusión en la tesis, pues se refiere a *lean* y a *agile*, pero no al concepto *leagile*.

Además, en su opinión, no es sólido poner de testigo de valor a profesionales; por tanto, sería muy importante cuantificar el término valor.

Sugería describir mejor en la tesis cuál es el problema y qué valor aporta la tesis para solucionar ese problema. Esta mejora podría ayudar a entender mejor el sentido de la tesis.

Solicitó que se defina por qué *lean* y *agile* se presentan como solución la problema. Igualmente, encuentra importante definir los alcances y limitaciones de la tesis. Finalmente, considera necesario indicar cuál ha sido el elemento metodológico para definir el alcance de la tesis.

Respuesta del Doctorando:

Agradeció la intervención y preguntas. Señaló que se iba a ampliar los temas que el Doctor Lama proponía a fin de quede claro el problema que la tesis pretende solucionar. También, se iba a buscar la forma de cuantificar el valor que aporta la metodología desarrollada.

E. Preguntas del Doctor César Álvarez Falcón

Coincidió en la conveniencia de cuantificar el valor en la hipótesis 3. También, destacó que los conceptos cualitativos no solo recogen la opinión de expertos. Asimismo, sostuvo que esta puede estar basada en una estructura de un cuestionario validado por el director de la tesis. Finalmente, agregó que, como línea de investigación futura, podría incluirse temas como competitividad de los costos logísticos y problemas de los sobre costos logísticos.

Respuesta del Doctorando:

Agradeció la intervención y confirmó que, en la redacción final de la tesis, se tomarán en cuenta los aportes sugeridos.

Finalmente, al no haber más preguntas, el Doctor César Álvarez Falcón agradeció al panel de Doctores y Doctorando por sus aportes y solicitó al Doctorando cerrar la reunión.

El Doctorando agradeció, nuevamente, la asistencia a esta reunión Delphi destacando la importancia de la misma para el desarrollo de la tesis y ofreció tomar en cuenta las sugerencias recibidas de cada participante, dado que las consideraba muy valiosas para el desarrollo final de su tesis. Con esto, se dio fin a la reunión.

**Anexo 3: Tablas con simulación de aplicación de la metodología de planificación
que utiliza los conceptos lean y agile**

Al respecto, véase el Cd adjunto que contiene la información referida en el título.

BIBLIOGRAFÍA

ABERNATHY, F. H. (2000) Retailing and supply chains in the information age, pp. 5 – 31. En: Technology in Society. No. 22.

AGARWAL, A.; SHANKAR, R. y TIWARI, M. K. (2006) Modeling the metrics of lean, agile and leagile supply chain: An ANP-based approach, pp. 211 – 225. En: European Journal of Operational Research. No. 173.

ALFORD, D.; SACKETT, P. y NELDER, G. (2000) Mass customization – an automotive perspective, pp. 99 – 110. En: International journal of production economics. No. 65.

ANDERSON, D. R.; SWEENEY, D. J. y WILLIAMS, T. A. (2008) Estadística para administración y economía. 10ma. edición. México D. F.: Cengage Learning.

BAKER, P. (2008) The design and operation of distribution centers within agile supply chain, pp. 27 – 41. En: International journal production economic. No. 111.

BOWERSOX, D. J.; STANK, T. P. y DAUGHERTY, P. (1999) Lean Launch: Managing product introduction risk through response-based logistics, pp. 557 – 568. En: Journal of Product Innovation Management. No. 16.

BRUCE, M.; DALY, L. y TOWER, N. (2004) Lean or agile: A solution for supply chain management in the textiles and clothing industry?, pp. 151 – 170. En: International journal of operations & production management. Vol. 24. No. 2.

BULLINGER, H.; KUHNER, M. y VAN HOOFF, A. (2002) Analysing supply chain performance using a balanced measurement method, pp. 3533 – 3543. En: International Journal of Production Research. Vol. 40. No. 15.

CAGLIANO, R.; CANIATO, F. y SPINA, G. (2006) The linkage between supply chain integration and manufacturing improvement programmes, pp. 289 – 299. En: International journal of operations & production management. Vol. 26. No. 3.

CARIDI, M. y SIANESI, A. (2000) Multi-agent systems in production planning and control: An application to the scheduling of mixed-model assembly lines, pp. 29 – 42. En: International journal of production economics. No. 68.

CASANOVAS, A y CUATRECASAS, L. (2005) Metodología para el diseño estratégico de la cadena de suministro. Lean management en el Supply Chain management. IX Congreso de Ingeniería de Organización. Gijón.

CHAMAN, L. J. y MALEHORN, J. (2006) Benchmarking forecasting practices: A guide to improving forecasting performance. New York: Graceway Publishing Company, Inc.

CHILDERHOUSE, P. y TOWILL, D. (2000) Engineering supply chains to match customer requirements, pp. 337 – 345. En: Logistics Information Management. Vol. 13. No. 6.

CHOPRA, S. y MEINDL, P. (2008) Administración de la cadena de suministro: Estrategia, planeación y operación. 3ra. Edición. México D. F.: Pearson Educación.

CHOPRA, S.; REINHARDT, G. y DADA, M. (2004) The effect of lead time uncertainty on safety stocks, pp. 1 – 24. En: Decision Sciences. Vol. 35. No. 1.

CHRISTOPHER, M. (1992) Logistics and Supply Chain Management: Strategies for Reducing Costs and Improving Services. Londres: Financial times Pitman.

——— (2000) The agile supply chain: Competing in volatile markets, pp. 37 – 44. En: Industrial marketing management. Vol. 29. No. 1.

COCHRAN, J. K. y MARQUEZ, A. (2005) A set covering formulation for agile capacity planning within supply chain, pp. 139 – 149. En: International Journal Production Economic. No. 95.

CUATRECASAS, L. (2007) Una visión real de las ventajas de evolucionar al lean management en la empresa española. (Consulta: 25 de enero de 2010). (<http://www.institutolean.org/articulos/index.html>)

ELORANTA, E.; LEHTONEN, A. y TANKANEN, K. (1995) Fast, flexible and cooperative supply chain – Key issues for the survival of European industry, pp. 238 – 245. En: Production Planning & Control. Vol. 6. No. 3.

FISHER, M. L. (1997) What is the right supply chain for your products?, pp. 105 – 116. En: Harvard Business Review. No. 75.

FORRESTER, J. W. (1961) Industrial Dynamics. Cambridge: MIT Press.

GIACHETTI, R. E. y otros (2003) Analysis of the structural measures of flexibility and agility using a measurement theoretical framework, pp. 47 – 62. En: International journal of production economics. No. 86.

GOLDMAN, S. L.; NAGEL, R. N. y PREISS, K. (1994) Agile Competitors and Virtual Organisations: Strategies for Enriching. New York: Van Nostrand Reinhold.

GOURDIN, K. N. (2006) Global logistics management: A competitive advantage for 21st century. 2da. edición. Malden: Blackwell Publishing.

- GUNASEKARAN, A. (1998) Agile manufacturing: Enablers and an implementation framework, pp. 1223 – 1247. En: International journal of production research. Vol. 36. No. 5.
- HANKE, J. P. y WICHERN, D. W. (2006) Pronósticos en los negocios. 8va. Edición. México D. F.: Pearson Educación.
- HERER, Y. T.; TZUR, M. y YUCESAN, E. (2002) Transshipments: An emerging inventory recourse to achieve supply chain leagility, pp. 201 – 212. En: International journal of production economics. No. 80.
- HERNÁNDEZ, Roberto.; FERNÁNDEZ, C. y BAPTISTA, P. (2010) Metodología de la investigación. 5ta. edición. México D.F.: Mc Graw Hill Educación.
- HINES, P.; HOLWE, M. y RICH, N. (2004) Learning to evolve: A review of contemporary lean thinking, pp. 994 – 1011. En: International Journal of Operations & Production Management. No. 24.
- HOULIHAN, J. (1984) Supply chain management, pp. 101 – 110. En: Proceedings of the 19th International Technical Conference of the British Production and Inventory Control Society. London.
- HUTTMEIR, A. y otros (2009) “Trading of between heijunka and just in sequence” *International journal production economics* 118 : 501-507.
- JOHANSSON, H. J. y otros (1993) Business Process Reengineering Breakpoint Strategies for Market Dominance. Chichester: Wiley.
- KAINUMA, Y. y TAWARA, N. (2006) A multiple attribute utility theory approach to lean and green supply chain management, pp. 99 – 108. En: International journal of production economics. No. 101.
- KARLSSON, C. y AHISTROM, P. (1997) A lean and global smaller firm?, pp. 940 – 952. En: International Journal of Operations and Production Management. Vol. 17. No. 10.
- KLEINDORFER, P.; SINGHAL, K. y VAN WASSENHOVE, L. (2005) Sustainable operation management, pp. 482 – 492. En: Production and Operation Management. Vol. 14. No. 4.
- LAMMING, R. (1996) Squaring lean supply with supply chain management, pp. 183 – 196. En: International Journal of Operations & Production Management. Vol. 16. No. 2.
- LEE, H. L. (2004) The triple A supply chain, pp. 1 – 12. En: Harvard Business Review on point. No. 8096.

- LEHTINEN, U. y TORKKO, M. (2005) The lean concept in the food industry: A case study of contract a manufacturer, pp. 57 – 67. En: Journal of food distribution research. Vol. 36. No. 3.
- LEVY, D. L. (1997) Lean production in an international supply chain, pp. 94 – 102. En: Sloan Management Review. No. 38.
- LI, S. y otros (2005) Development and validation of a measurement instrument for studying supply chain management practice, pp. 618 – 641. En: Journal of Operations Management. No. 23.
- LIN, C. T. (2006) Agility index in the supply chain, pp. 285 – 299. En: International Journal of Production Economics. Vol. 100. No. 2.
- LIKER, J. K. y WU Y. (2000) Japanese Automakers, U.S. Suppliers and supply chain superiority, pp. 81 – 93. En: MIT Sloan Management Review. No. 42.
- LOU, P. y otros (2004) Study on multi-agent-based agile supply chain management, pp. 197 – 203. En: International Journal of Advance Manufacturing Technology. No. 23.
- LOWE, J., DELBRIDGE, R. y OLIVER, N. (1997) High – Performance Manufacturing: Evidence from the Automotive Component Industry, pp. 783 – 798. En: Organization Studies. Vol. 18. No 5.
- MAC DUFFIE, J. P. y HELPER, S. (1997) Creating Lean Suppliers: Diffusing lean production through the supply chain, pp. 118 – 151. En: California Management Review. Vol. 39. No. 4.
- MASON – JONES, R.; NAYLOR, J. y TOWILL, D. (2000a) Engineering the leagile supply chain, pp. 54 -61. En: International Journal of Agile Manufacturing Systems. Vol. 2 No. 1
 ——— (2000b) Lean, agile or leagile? Matching your supply chain to the marketplace, pp. 4061 – 4070. En: International journal of production research. Vol. 38. No. 17.
- MILLER, M. y FREUND, J (1986) Probabilidad y estadística para ingeniería. 3ra. edición. México D. F.: Prentice Hall Hispanoamericana.
- NAIM, M. M y otros (2002) A supply chain diagnostic methodology: Determining the vector of change, pp. 135 – 157. En: Computer & Industrial Engineering. No. 43.
- NAYLOR, J. B.; NAIM, M. M. y BERRY, D. (1999) Leagility: integrating the lean and agile manufacturing paradigms in the total supply chain, pp. 107 – 118. En: International Journal of Production Economics. No. 62.
- OHNO, T. (1988) The Toyota Productive System: Beyond large Scale Production. Portland, OR: Productivity Press.

PRASAD, S. y BABBAR, S. (2000) International operation management research, pp. 209 – 247. En: Journal of Operation Management. No. 18.

PRATER, E.; BIEHL, M. y SMITH, M. S. (2001) Tradeoffs between flexibility and uncertainty, pp. 823 – 839. En: International Journal of Operation & Production Management. Vol. 21. No 5, 6.

PRINCE, J. y KAY, J. M. (2003) Combining lean and agile characteristics: Creation of virtual groups by enhance production flow analysis, pp. 305 – 318. En: International journal of production economics. No. 85.

QUINTANA, R. (1998) A production methodology for agile manufacturing in a high turnover environment, pp. 452 – 460. En: International journal of Operation & Production Management. Vol. 18. No. 5.

SANCHEZ, L. M. y NAGI, R. (2001) A Review of Agile Manufacturing Systems, pp. 3561 – 3600. En: International Journal of Production Research. No. 39.

SCHONSLEBEN, P. (2000) With agility and adequate partnership strategies towards effective logistics networks, pp. 33 – 42. En: Computer in industry. No 42.

SIMPSON, D. F. y POWER, D. (2005) Use the supply relationship to develop lean and green suppliers, pp. 60 – 68. En: Supply Chain Management: An International Journal. Vol. 10. No 1.

STRATTON, R. y WARBURTON, R. D. H. (2003) The strategic integration of agile and lean supply, pp. 183 – 198. En: International Journal of Production Economics. No. 85.

SWAFFORD, P. M.; GHOSH, S y MURTHY, N. (2008) Achieving supply chain agility through IT integration and flexibility, pp. 288 – 297. En: International Journal Production Economic. No. 116.

TOWILL, D. y DEL VECCHIO, A. (1994) The application of filter theory to the study of supply chain dynamics, pp. 82 – 86. En: Production planning & control. Vol. 5. No. 1.

TOWILL, D. (1997) The seamless supply chain- the predator's strategic advantage, pp. 37 – 56. En: International Journal of Technology Management. Vol. 3. No. 1.

TOWILL, D. y McCULLEN, P. (1999) The impact of an agile manufacturing programme on supply chain dynamics, pp.83-96. En: International Journal of Logistics in Manufacturing. Vol.10. No. 1.

VAN HOEK, R. I.; HARRISON, A. y CHRISTOPHER, M. (2001) Measuring agile capabilities in the supply chain, pp. 126 – 147. En: International Journal of Operation & Production Management. Vol. 21. No. 1, 2.

- VONDEREMBSE, M. A. y otros (2006) Designing supply chains: Towards theory development, pp. 223 – 238. En: International journal of production economics. No. 100.
- WARNECKE, H. J. y HUSER, M. (1995) Lean production, pp. 37 – 43. En: International journal of production economics. No. 41.
- WANG, W. y CHAI, Y. (2002) Distribution requirements planning for agile supply chain management, pp. 352 – 257. En: The American Control Conference. Anchorage, AK.
- WHITE, A.; DANIEL, E. M. y MOHDZAIN, M. (2005) The role of emergent information technologies and systems in enabling supply chain agility, pp. 396 – 410. En: International Journal of Information Management. No. 25.
- WOMACK, J. P.; JONES, D. y ROOS, D. (1990) The Machine that Changed the World. New York: Rawson Associates.
- WOMACK, L. y JONES, D. (1996) Lean Thinking. New York: Simon and Schuster.
- YUSUF, Y y otros (2004) Agile supply chain capabilities: Determinants of competitive objectives, pp. 379 – 392. En: European journal of operational research. No. 159.
- ZAPFEL, G. (1998) Customer –order-driven production: An economical concept for responding to demand uncertainty, pp. 699 – 709. En: International journal of production economics. No. 56 – 57.
- ZHU, Q. y SARKIS, J. (2004) Relationships between operational practices and performance among early adopters of green supply chain management practices in Chinese manufacturing enterprises, pp. 265 – 289. En: Journal of Operations Management. No. 22.

Anexo 4: Tablas con simulación de aplicación de la metodología de planificación tradicional

Al respecto, véase el Cd adjunto que contiene la información referida en el título.